



SKRIPSI – ME141501

**KAJIAN TEKNIS PERUBAHAN KAPAL TONGKANG
MENJADI KAPAL *CONTAINER* UNTUK Mendukung
PERCEPATAN TOL LAUT**

Rizky Priyanda
NRP. 4214 105 015

Dosen Pembimbing
Ir. Agoes Santoso, MSc., MPhil., CEng. (MIMarEST, MRINA)
Ir. Amiadji, M.M., M.Sc

Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016



FINAL PROJECT – ME141501

TECHNICAL REVIEW OF THE CONVERSION BARGE INTO CONTAINER SHIP FOR ACCELERATING SEA TOLL PROGRAM

Rizky Priyanda
NRP. 4214 105 015

Supervisor
Ir. Agoes Santoso, MSc., MPhil., CEng. (MIMarEST, MRINA)
Ir. Amiadji, M.M., M.Sc

Department Of Marine Engineering
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016

LEMBAR PENGESAHAN
KAJIAN TEKNIS PERUBAHAN KAPAL TONGKANG
MENJADI KAPAL *CONTAINER* UNTUK Mendukung
PERCEPATAN TOL LAUT

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Manufacturing & Design* (MMD)
Program S1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

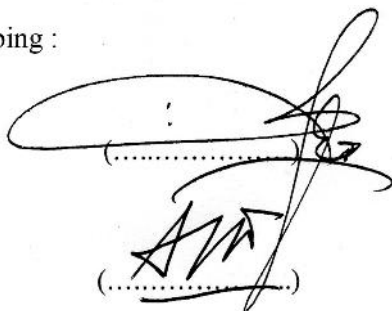
Rizky Priyanda
NRP. 4214 105 015

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing :

Ir. Agoes Santoso, MSc., MPhil
NIP.196809281991021001

Ir. Amiadji, M.M., M.Sc
NIP.196103241988031001



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN
KAJIAN TEKNIS PERUBAHAN KAPAL TONGKANG
MENJADI KAPAL *CONTAINER* UNTUK Mendukung
PERCEPATAN TOL LAUT

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Manufacturing & Design* (MMD)
Program S1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Rizky Priyanda
NRP. 4214 105 015

Menyetujui,
Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan



Dr.Eng Muhammad Badrus Zaman, ST., MT.
NIP. 197708022008011007

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KAJIAN TEKNIS PERUBAHAN KAPAL TONGKANG MENJADI KAPAL *CONTAINER* UNTUK MENDUKUNG PERCEPATAN TOL LAUT

Nama Mahasiswa : Rizky Priyanda
NRP : 4214 105 015
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Ir.Agoes Santoso,MSc., MPhil.,
Ir. Amiadji, M.M., M.Sc

ABSTRAK

Kapal tongkang yaitu suatu jenis kapal yang berbentuk datar pada bagian lambungnya. Aktivitas pelayaran kapal barge adalah antar pulau. Untuk memenuhi kebutuhan logistik antar pulau, maka terdapat inovasi untuk merubah kapal tongkang menjadi kapal pengangkut container. Oleh karena itu diperlukan kajian teknis untuk menganalisa kebutuhan secara teknis dalam merubah kapal tongkang menjadi kapal container. Dari perhitungan yang dilakukan di dapatkan hasil bahwa, kapal container mampu memuat 60 container. Dengan besar daya main engine 610 kw dan menggunakan propeller B5 – 90 yang mempunyai efisiensi 0,554. Hasil dari perhitungan stabilitas kapal ialah periode waktu oleng kapal ialah 6,3 detik dan kriteria stabilitas kapal yang di anjurkan IMO, semua dapat diterima.

Kata kunci : Kapal barge, Container, Main Engine, Stabilitas Kapal

TECHNICAL REVIEW OF THE CONVERSION BARGE INTO CONTAINER SHIP FOR ACCELERATING SEA TOLL PROGRAM

Author	: Rizky Priyanda
ID No.	: 4214 105 015
Dept.	: Marine Engineering
Supervisor	: Ir.Agoes Santoso,MSc., MPhil., Ir. Amiadji, M.M., M.Sc

ABSTRACT

Barge is a type of ship that it has flat relatively . Activities barge cruise ship is intraland .The needs of the logistics distributions between the islands, hence there are innovations to convert the barge to be container ship type . It is therefore necessary technical studies to analyze technical requirements in converting barges into a container ship . From calculations result shows that redesigned, container ships able to carry 60 containers . The need power of 610 kw and design propeller B5 - 90 which it has efficiency of 0,554 . The results of the calculation of the stability of the ship show that the ship roll period of time is 6.3 seconds and all criteria for ship stability recommended by IMO , are acceptable.

Keywords :Barge, Container, Main Engine, Stability of Ship.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
LEMBAR PENGESAHAN	vi
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	3
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Transportasi	5
2.1.1 Alat Transportasi Laut	5
2.1.2 Kapal Tongkang (<i>Barge</i>)	6
2.1.3 Kapal <i>Container</i>	7
2.1.4 Kapal <i>Barge Container</i>	8
2.2 Desain Kapal	10
2.2.1 <i>Lines Plan</i>	11
2.2.2 <i>General Arrangement</i>	12
2.3 Tahanan Kapal	13
2.3.1 Metode Perhitungan Tahanan Kapal	17
2.4 Stabilitas Kapal	20
2.5 Persyaratan <i>Container</i> (Peti Kemas)	22
BAB III	25
METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian Tugas Akhir	25
3.2 Langkah Pelaksanaan Penelitian Tugas Akhir	27

BAB IV	30
ANALISA & PEMBAHASAN.....	30
4.1 Data Ukuran Utama Kapal	30
4.2 Perhitungan Tahanan Kapal	30
4.3 Pemilihan Main Engine	35
4.3.1 Perhitungan Daya Main Engine.....	35
4.3.2 Perhitungan <i>Propeller</i>	41
4.3.3 Perhitungan EPM (<i>Engine Propeller Matching</i>).....	45
4.4 Perhitungan Muatan Kapal	54
4.5 Perhitungan Ketebalan Plat <i>Bottom</i>	58
4.6 Perhitungan Stabilitas Kapal	60
4.7 Asumsi Biaya	63
BAB V.....	66
KESIMPULAN DAN SARAN	66
5.1 Kesimpulan.....	66
5.2 Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA.....	67
LAMPIRAN.....	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.1 Kapal Tongkang (Barge)	7
Gambar 2.1.2 Kapal <i>Container</i>	8
Gambar 2.1.3 Kapal <i>Barge Container</i>	10
Gambar 2.2.1 Bagian Bidang <i>Lines Plan</i>	12
Gambar 2.2.2 <i>General Arrangement</i>	13
Gambar 2.3.1 Gaya pada kapal.....	14
Gambar 2.3.2 Penentuan LCB standard	19
Gambar 3.1.1 Diagram alir penelitian	26
Gambar 4.2.1 Diagram $Lwl / \nabla^{1/3}$	32
Gambar 4.2.2 Grafik Lcb Standard	33
Gambar 4.3.1 Diagram Bp delta B5 - 90.....	42
Gambar 4.3.2 Diagram Tc Burril.....	44
Gambar 4.3.3 Grafik KT - J.....	47
Gambar 4.3.4 Kurva <i>open water test</i>	48
Gambar 4.3.5 kurva hasil pembacaan <i>open water test</i>	49
Gambar 4.3.6 kurva gabungan KT – J.....	50
Gambar 4.3.7 Grafik <i>Clean & Rough Hull</i>	53
Gambar 4.3.8 Kurva EPM.....	53
Gambar 4.4.1 Grafik <i>Outfit Weight</i>	56

DAFTAR TABEL

Tabel 4.3-1 SFOC <i>main engine</i>	38
Tabel 4.3-2 Hasil Prosentase Pemilihan Engine.....	41
Tabel 4.3-3 Hasil pembacaan dengan acuan $0,1739 \cdot \sqrt{Bp1}$	42
Tabel 4.3-4 Hasil pembacaan dengan acuan I/Jb	43
Tabel 4.3-5 Hasil Pembacaan Diagram Burril	44
Tabel 4.3-6 Kriteria Kavitasi Propeller	44
Tabel 4.3-7 Kriteria <i>Clearance Propeller</i>	45
Tabel 4.3-8 <i>Propeller</i>	45
Tabel 4.3-9 Tabel Hubungan KT -J.....	47
Tabel 4.3-10 Hasil pembacaan <i>Open Water Test</i>	49
Tabel 4.3-11 Kondisi <i>Clean Hull</i>	51
Tabel 4.3-12 Kondisi <i>Rough Hull</i>	52
Tabel 4.6-1 Lengan Dinamis (LD)	62
Tabel 4.7-1 Luasan <i>Accommodation Deck</i>	64

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kapal *barge*, di Indonesia sering disebut dengan nama tongkang, yaitu suatu jenis kapal yang berbentuk datar pada bagian lambungnya. Kapal ini mendominasi laut Indonesia setidaknya tercatat kurang lebih 4.000 unit. Dominasi kapal *barge* tersebut di perairan Indonesia lantaran syarat minimal surat izin usaha perusahaan angkutan laut (Siupal) adalah kapal 175 *gross tonnage* (GT). Wilayah Indonesia yang terdiri dari banyak pulau sangat sesuai untuk kapal jenis ini. Kapal *barge* dipakai sebagai sarana angkutan laut yang biasanya adalah barang-barang berat dan berjumlah banyak, antara lain untuk mengangkut barang, seperti kayu log, aneka mesin, batubara, peti kemas yang berisi berbagai macam barang, dan minyak mentah/crude oil. Kapal *barge* memiliki nilai ekonomis dalam kapasitas daya angkutnya yang besar walaupun kecepatannya lambat.

Sebuah provinsi di Indonesia yang banyak aktivitas kapal *barge* adalah Kepulauan Riau, terutama di Pulau Batam. Wilayah ini merupakan daerah strategis yang terletak di antara Pulau Kalimantan dan Pulau Sumatra, yang mana kedua pulau ini merupakan daerah tersibuk dalam hal eksplorasi tambang, hutan dan juga pengiriman logistic antar pulau yang sangat banyak aktifitasnya.

Berdasarkan dari hal tersebut, pada usulan Tugas Akhir ini, dari penulis ingin melakukan kajian teknis tentang kapal tongkang atau *barge* yang diubah menjadi kapal *container* terhadap perbandingan secara ekonomis dan fungsional kapal tersebut. Dan juga dapat bermanfaat bagi terwujudnya pengiriman *logistic* ke daerah – daerah plosok di seluruh perairan Indonesia yang diwujudkan

dengan sebutan Tol Laut. Maka dari itu kami rangkum menjadi tulisan yang berjudul “Kajian Teknis Perubahan Kapal Tongkang Menjadi Kapal *Container* Untuk Mendukung Percepatan Tol Laut”.

1.2 Perumusan Masalah

Dari uraian di atas maka permasalahan utama yang akan dibahas adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana desain dari perubahan kapal tongkang menjadi kapal *container*?
2. Berapa jumlah *container* yang mampu dimuat dalam kapal *container* tersebut?
3. Bagaimana spesifikasi *main engine* untuk kapal *container* tersebut?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Desain dibuat dengan bantuan *software Auto Cad*, dan *software* pendukung lainnya.
2. Analisa jumlah *container* dilakukan dengan perhitungan dan pendekatan *rules*.
3. Analisa spesifikasi mesin berdasarkan perhitungan tahanan dengan metode *harvard*.
4. Analisa stabilitas kapal berdasarkan perhitungan manual.
5. Data yang digunakan mengadopsi data yang sudah tersedia.

1.4 Tujuan

Tujuan dari pembahasan masalah ini adalah :

1. Untuk mengetahui bagaimana bentuk desain dari perubahan kapal tongkang menjadi kapal *container*.
2. Untuk mengetahui berapa jumlah *container* yang mampu dimuat dalam kapal *container* tersebut.

3. Untuk mengetahui bagaimana spesifikasi *main engine* yang digunakan pada kapal *container* tersebut.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penulisan tugas akhir ini antara lain:

1. Dapat dijadikan bahan perbandingan dan pertimbangan dalam mengkaji modifikasi perubahan kapal tongkang menjadi kapal *container*.
2. Dapat dijadikan sebagai bahan referensi untuk penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan Tugas Akhir ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Transportasi

Transportasi adalah pemindahan manusia atau barang dari satu tempat ke tempat lainnya dengan menggunakan sebuah wahana yang digerakkan oleh manusia atau mesin. Transportasi sangat penting untuk manusia, karena memudahkan manusia dalam melakukan aktivitas sehari-hari. Di negara maju, mereka biasanya menggunakan kereta bawah tanah (*subway*) dan taksi. Penduduk disana jarang yang mempunyai kendaraan pribadi karena mereka sebagian besar menggunakan angkutan umum sebagai transportasi mereka. Transportasi sendiri dibagi 3 yaitu : transportasi darat, laut, dan udara.

2.1.1 Alat Transportasi Laut

Alat transportasi laut yang digunakan pada jaman dulu ialah menggunakan perahu yang terbuat dari kayu dengan penggerak dayung dan diberi layar untuk memudahkan dalam penggunaan dengan pemanfaatan energi angin. Seiring dengan kemajuan teknologi , masa kini angkutan laut sudah menjangkau transportasi antar pulau dan bahkan antar negara. Kapal laut adalah salah satu alat transportasi yang dihasilkan dari kemajuan teknologi masa kini. Kapal laut dapat dibedakan menjadi kapal khusus angkutan barang dan kapal angkutan penumpang. Kapal angkutan penumpang biasanya digunakan untuk mengangkut para penumpang dari satu wilayah ke wilayah lain. Contoh dari kapal penumpang ialah kapal penyeberangan selat yaitu kapal ferry, selain itu *speedboat* dan kapal pesiar yang biasa digunakan untuk

mengangkut penumpang ke wilayah yang lebih jauh lagi wilayah perairannya.

Sedangkan untuk kapal angkutan barang, biasanya digunakan untuk mengirimkan barang – barang yang dimuat dalam peti kemas. barang – barang yang dimuat dalam peti kemas ini dikirim sebagai salah satu usaha industri untuk menjual produk yang dipasarkan. Contoh kapal pengangkut barang ini biasanya berupa kapal *container* yang digunakan untuk mengangkut barang – barang logistik. Wilayah pengirimannya bisa antar pulau dan ke pulau negeri. Contoh lain dari kapal barang ialah kapal *tanker* dan kapal tongkang untuk mengirim material – material industri pertambangan.

2.1.2 Kapal Tongkang (*Barge*)

Tongkang atau Ponton adalah suatu jenis kapal yang dengan lambung datar atau suatu kotak besar yang mengapung, digunakan untuk mengangkut barang dan ditarik dengan kapal tunda atau digunakan untuk mengakomodasi pasang-surut seperti pada dermaga apung. Ponton digunakan juga untuk mengangkut mobil menyeberangi sungai, didaerah yang belum memiliki jembatan. Sangat banyak digunakan pada tahun 1960an hingga 1980an di jalur lintas Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Papua. Sekarang sebagian besar sudah digantikan dengan jembatan.

Untuk keperluan wisata, ponton juga masih digunakan. Untuk meningkatkan kestabilan kapal biasanya digunakan dua ponton yang digabungkan secara parallel. Tongkang sendiri tidak memiliki sistem pendorong (propulsi) seperti kapal pada umumnya. Pembuatan kapal tongkang juga berbeda karena hanya konstruksi saja, tanpa sistem seperti kapal pada umumnya. Tongkang sendiri umum digunakan untuk mengangkut muatan dalam jumlah besar seperti kayu,

batubara, pasir dan lain-lain. Di Indonesia tongkang banyak diproduksi di daerah Batam (Kepulauan Riau) yang merupakan salah satu basis produksi perkapalan di Indonesia.



Gambar 2.1.1 Kapal Tongkang (Barge)

Sumber : sewakapaltongkang.net

2.1.3 Kapal *Container*

Kapal *Container* adalah kapal kargo yang membawa semua dari mereka beban dalam kemasan antar moda truk-ukuran, dalam pengepakan teknik yang disebut. Mereka membentuk sarana umum antar moda transportasi barang komersial. Sejarah Kapal *Container* berisi berbagai item barang kering yang dikapalkan di seluruh dunia, termasuk makanan, tekstil, dan elektronik. Kapal *Container* dirancang dengan cara yang mengoptimalkan ruang. Kapasitas diukur dalam unit setara Dua puluh kaki (TEU), jumlah kontainer 20 kaki standar berukuran $20 \times 8.0 \times 8.5$ meter ($6.1 \times 2.4 \times 2.6$ meter) dapat membawa kapal. Meskipun demikian, wadah yang paling banyak digunakan saat ini mengukur 40 kaki (12 meter) panjangnya. Di atas ukuran tertentu, kapal kontainer yang tidak membawa alat *loading* sendiri, sehingga bongkar muat hanya dapat dilakukan di pelabuhan dengan *crane* diperlukan. Namun, kapal kecil

dengan kapasitas sampai dengan 2.900 TEU sering dilengkapi dengan *crane* mereka sendiri.

Kebanyakan kapal kontainer didorong oleh mesin diesel, dan memiliki awak antara 20 dan 40 orang. Mereka umumnya memiliki blok akomodasi besar di buritan, di dekat ruang mesin. kapal *Container* sekarang mengangkut hingga 15.000 TEU (kurang lebih setara dengan 35 mobil 100-*double-stack* kereta api barang antar moda) di perjalanan. kapal kontainer terbesar di dunia, M / V Emma Maersk dan adik-adiknya, memiliki kapasitas sebesar 15.200 kontainer.

Pada tahun 2008 pembuat kapal yang STX Korea Selatan mengumumkan rencana untuk membangun sebuah kapal kontainer mampu membawa 22.000 TEUs, dan dengan panjang yang diusulkan 450 meter dan seberkas 60 meter. Jika dibangun, kapal kontainer akan menjadi kapal layar terbesar di dunia.



Gambar 2.1.2 Kapal *Container*

Sumber : beritatrans.com

2.1.4 Kapal *Barge Container*

Kapal tongkang kontainer dinilai menjadi solusi ekonomis bagi angkutan barang jalur laut, dibandingkan

moda transportasi darat, seperti truk atau kereta api. Selain itu, distribusi barang menggunakan moda transportasi laut, berupa kapal atau tongkang (*barge*), lebih mudah. Di Negara-negara Eropa atau Amerika, misalnya, tongkang kontainer (*Container on Barge/COB*) digunakan untuk memindahkan barang dalam bentuk kontainer melewati sungai.

Dilansir dari portitawamba.com, jasa pelayaran tongkang kontainer hampir semua komoditas bisa dikirim dalam bentuk kontainer, sehingga bernilai lebih ekonomis, karena menghemat biaya logistik. Dalam perkembangannya, Eropa dan Tiongkok juga telah memanfaatkan tongkang kontainer jalur sungai. Perbandingan antara pengiriman kargo via kereta api dengan tongkang, adalah 15 berbanding 1 (1 *rail car*) untuk sekali pengiriman. Sedangkan, 1 tongkang kontainer berkapasitas 1500 ton jika dibanding 100 gerbong kereta, adalah 10.000 ton untuk sekali pengiriman.

Pengiriman menggunakan COB menggunakan saluran air kanal tidak memerlukan banyak infrastruktur, seperti halnya sistem rel kereta api dan jalan raya. Dari segi Standar HSE (*Health Safety Environment*), menggunakan COB lebih '*go green*' ketimbang penggunaan kereta api atau truk. Sementara, dengan menggunakan kereta api atau truk, memerlukan pasokan BBM jauh lebih besar ketimbang COB. Untuk penggunaan bahan bakar per ton-mil, biaya transportasi tongkang paling efisien dan efektif, karena hanya sekitar 35 kali lebih banyak dengan truk daripada tongkang. Sumber lain menyebutkan, hasil kajian Pelabuhan *Portland*, di Negara Bagian Amerika Serikat, penggunaan tongkang kontainer lebih efisien dan hemat bahan bakar. Menggunakan tongkang untuk mengangkut kontainer, untuk satu kali pengisian bahan bakar, mencapai jarak

514 mil, sedangkan menggunakan kereta api mencapai jarak 202 mil, dan truk hanya 59 mil.



Gambar 2.1.3 Kapal *Barge Container*

Sumber : <http://jurnalmaritim.com>

2.2 Desain Kapal

Dalam mendesain kapal diperlukan persyaratan dasar perancangan Kapal. Dalam buku RL Harrington disebutkan beberapa persyaratan dasar dalam mendesain kapal, diantaranya :

- a. *Payload* (kapasitas kargo atau penumpang)
- b. Kecepatan di laut dan *endurance* (ketahanan)
- c. Pembatasan untuk seluruh ukuran utama kapal yang berkaitan dengan kondisi daerah operasinya
- d. Metode bongkar muat dan kapasitasnya
- e. Jumlah tangki atau ruangan kargo yang lain untuk kesetimbangan
- f. Banyaknya anak buah kapal/tingkat otomatisasi

- g. Kebutuhan tenaga listrik untuk pemanasan, ventilasi, AC, *Galley*, tenaga, lampu, dll.
- h. Navigasi dan komunikasi
- i. Persyaratan olah gerak (*Steering, handling* dan *mooring*)
- j. *Reliability* dan penunjang logistik

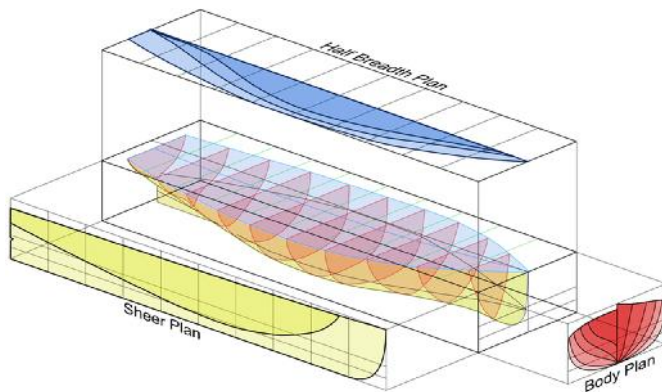
2.2.1 *Lines Plan*

Gambar Rencana garis (*lines plan*) terdiri dari proyeksi ortographis /sikusiku dari interseksi/perpotongan antara permukaan/*surface* lambung kapal dan tiga set bidang yang saling tegak lurus. Tiga set bidang tersebut ialah :

- a. *Sheer plan* menunjukkan interseksi atau perpotongan antara permukaan lambung kapal dengan bidang tengah/*centreplane* – sebuah bidang *vertical* pada garis tengah / *centreline* kapal – dan bidang tegak/*buttockplane* yang sejajar dengannya (*centreplane*), Interseksi dengan bidang tengah akan menghasilkan profil haluan / *bow* dan buritan / *stern*.
- b. *Half breadth plan* menunjukkan interseksi permukaan lambung kapal dengan bidang yang sejajar bidang dasar/*baseplane* horizontal, bidang dasar/*baseplane* adalah bidang horizontal yang melalui garis dasar/*baseline*. Interseksi dengan bidang-bidang tersebut akan menghasilkan Rencana garis air/*Waterlines* plan. Permukaan lambung kapal yang dimaksud diatas adalah permukaan *moulded/moulded surface* adalah permukaan yang dibentuk oleh sisi luar

gading kapal atau sisi dalam kulit, hal ini berlaku untuk kapal baja, kapal aluminium dan kapal kayu untuk kapal *fibreglass*/FRP permukaan *moulded* dibentuk oleh sisi luar kulit (lambung kapal).

- c. *Body plan* menunjukkan bentuk dari *station/section* yang merupakan interseksi antara permukaan lambung kapal dengan bidang yang tegak lurus dengan bidang tegak/*buttockplane* dan bidang garis air/*waterline plane*. Pada umumnya penggambaran *body plan* dibagi 2 sisi kiri dan sisi kanan, sisi kiri untuk setengah bagian belakang dan sisi kanan untuk setengah bagian depan.



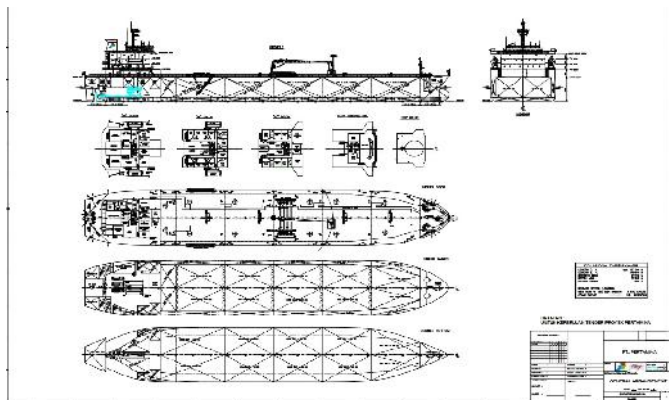
Gambar 2.2.1 Bagian Bidang *Lines Plan*
sumber : abdillahnaval01.blogspot.com

2.2.2 *General Arrangement*

Rencana umum atau *general arrangement* dari suatu kapal dapat didefinisikan sebagai penentuan dari ruangan kapal untuk segala kegiatan (fungsi) dan

peralatan yang dibutuhkan sesuai dengan letak dan jalan untuk mencapai ruangan tersebut. Sehingga dari batasan diatas, ada 4 langkah yang harus dikerjakan, yaitu :

- Menetapkan ruangan utama.
- Menetapkan batas – batas dari setiap ruangan.
- Memilih dan menempatkan perlengkapan dan peralatan dalam batas dari ruangan tersebut.
- Menyediakan jalan untuk menuju ruangan tersebut.

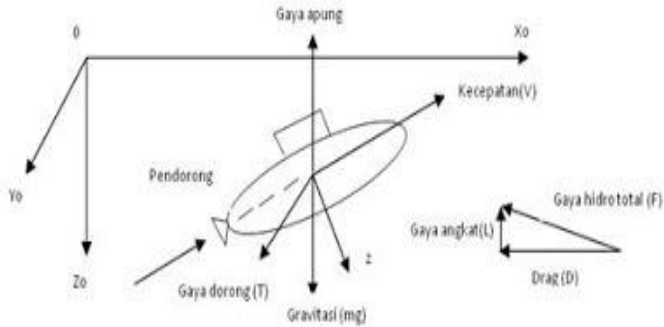


Gambar 2.2.2 *General Arrangement*
 Sumber : www.bremar-schifftechnik.com

2.3 Tahanan Kapal

Tahanan (*resistance*) kapal pada suatu kecepatan adalah gaya fluida yang bekerja kapal sedemikian rupa sehingga melawan gerakan kapal tersebut. Tahanan tersebut sama dengan gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal. Sedangkan suatu tahanan kapal ini adalah sama dengan suatu gaya dan karena dihasilkan oleh air, maka ini disebut gaya hidrodinamika. Gaya hidrodinamika ini semata-mata disebabkan oleh gerakan relatif kapal terhadap air. Gerakan kapal di fluida bekerja seperti sistem sumbu orthogonal yaitu 3 (tiga)

buah sumbu x , y , dan z , ditempatkan sedemikian rupa, pusat sumbu berimpit dengan titik berat kapal. Bidang x , dan y satu bidang dengan permukaan bumi (sejajar).



Gambar 2.3.1 Gaya pada kapal

Sumber : www.rider-system.net

Gerakan kapal dibebani 4 (empat) gaya yang tidak tergantung satu sama lainnya :

1. Gaya hidrostatik yaitu massa kali percepatan gravitasi bumi (mg).
2. Hambatan hidrostatik (gaya apung) F atau v . Seperti halnya mg , tekanan atau gaya ini selalu sejajar dengan Zo .
3. Resultante gaya hidrodinamik (F) yang didesakkan oleh air pada kapal sebagai akibat gerakan menerjang air tersebut. Gaya F dapat diuraikan dalam 2 (dua) ; komponen gaya angkat (L) dan komponen tahanan (atau drag) R (atau D). Dimana L tegak lurus terhadap kecepatan kapal dan R (atau D) sejajar V .
4. Gaya dorong (T), yang di desakkan oleh air pada pendorong kapal, umumnya berlawanan arah dengan R . Gaya-gaya tersebut diatas timbul akibat adanya ;

1. Kecepatan kapal (V), relatif terhadap air dan udara atau yang dilintasi oleh kapal tersebut.
2. Gaya gravitasi bumi yang bekerja baik pada kapal maupun pada air yang dibebani oleh kapal itu.
3. Aksi yang dilakukan pendorong kapal (Propeller).

Pada dasarnya tahanan kapal dibagi menjadi dua yaitu tahanan yang berada di atas permukaan air dan tahanan yang berasal dari bawah permukaan air. Tahanan yang di atas permukaan air adalah yang bekerja pada bagian badan kapal yang kelihatan di atas permukaan air, disini pengaruh adanya udara yang mengakibatkan timbulnya hambatan. Komponen tahanan yang bekerja pada kapal dalam gerakan mengapung di air adalah:

a. Tahanan Gesek (*Friction Resistance*)

Tahanan Gesek (*friction resistance*) timbul akibat kapal bergerak melalui fluida yang memiliki viskositas seperti air laut, fluida yang berhubungan langsung dengan permukaan badan kapal yang tercelup sewaktu bergerak akan menimbulkan gesekan sepanjang permukaan tersebut, inilah yang disebut sebagai tahanan gesek. Tahanan gesek terjadi akibat adanya gesekan permukaan badan kapal dengan media yang dilaluinya. Oleh semua fluida mempunyai viskositas, dan viskositas inilah yang menimbulkan gesekan tersebut. Penting tidaknya gesekan ini dalam suatu situasi fisik tergantung pada jenis fluida dan konfigurasi fisik atau pola alirannya (*flow pattern*). Viskositas adalah ukuran tahanan fluida terhadap gesekan bila fluida tersebut bergerak. Jadi tahanan Viskos (R_V) adalah komponen tahanan yang terkait dengan energi yang dikeluarkan akibat pengaruh viskos.

b. Tahanan Sisa (*Residual Resistance*)

Tahanan sisa didefinisikan sebagai kuantitas yang merupakan hasil pengurangan dari hambatan total badan kapal dengan hambatan gesek dari permukaan kapal. Hambatan sisa terdiri dari ;

1) Tahanan Gelombang (*Wake Resistance*)

Tahanan gelombang adalah hambatan yang diakibatkan oleh adanya gerakan kapal pada air sehingga dapat menimbulkan gelombang baik pada saat air tersebut dalam keadaan tenang maupun pada saat air tersebut sedang bergelombang.

2) Tahanan Udara (*Air Resistance*)

Tahanan udara diartikan sebagai Tahanan yang dialami oleh bagian badan kapal utama yang berada diatas air dan bangunan atas (*Superstructure*) karena gerakan kapal di udara. Tahanan ini tergantung pada kecepatan kapal dan luas serta bentuk bangunan atas tersebut. Jika angin bertiup maka tahanan tersebut juga akan tergantung pada kecepatan angin dan arah relatif angin terhadap kapal.

3) Tahanan Bentuk

Tahanan ini erat kaitannya dengan bentuk badan kapal, dimana bentuk lambung kapal yang tercelup di bawah air menimbulkan suatu tahanan karena adanya pengaruh dari bentuk kapal tersebut.

c. Tahanan Tambahan (*Added Resistance*)

Tahanan ini mencakup tahanan untuk korelasi model kapal. Hal ini akibat adanya pengaruh kekasaran permukaan kapal, mengingat bahwa permukaan kapal tidak akan pernah semulus permukaan model. Tahanan tambahan juga termasuk tahanan udara, anggota badan kapal dan kemudi. Komponen Tahanan tambahan terdiri dari : Tahanan anggota badan (*Appendages Resistance*), adalah tahanan dari bos poros, penyangga poros, lunas bilga,

daun kemudi dan sebagainya. Tahanan kekasaran, adalah terjadi akibat kekasaran dari korosi air, pengotoran pada badan kapal, dan tumbuhan laut. Hambatan kemudi (*Steering Resistance*), terjadi akibat pemakaian kemudi.

2.3.1 Metode Perhitungan Tahanan Kapal

Dalam publikasi *Ship Resistance* (Guldhamer dan Harvald, 1965, 1974) disajikan koordinasi dari hasil yang dikumpulkan dari berbagai pengujian dari tangki percobaan. Penganalisaan metode guldhamer ini dilakukan dengan cara :

1. Semua data diacukan pada daerah (lingkup) model dan tahanan model (R_{tm}) sebagai ditentukan fungsi kecepatan
2. Koefisien tahanan sisa spesifik model (C_{tm}) yaitu $C_{tm} = R_{tm} / \frac{1}{2} \rho V_m^2 S_m$, Dimana ρ = Massa jenis, V_m = kecepatan model, S_m = permukaan basah.
3. Koefisien tahanan sisa spesifik ditentukan dari $C_r = C_{tm} - C_{fm}$, C_{fm} adalah koefisien tahanan gesek spesifik dipakai untuk menentukan koefisien tahanan gesek, $C_f = 0,075 / (\log R_o - 2)^2$, dan R_o adalah bilangan Reynolds.
4. C_r dinyatakan sebagai fungsi angka froude. $F_o = V / \sqrt{g \cdot L}$

V adalah kecepatan kapal, g = Gravitasi bumi, dan L = panjang kapal. Hasilnya dikelompokkan menurut ratio panjang displasement $L / \nabla^{1/3}$ dan koefisien prismatic (cp).

= (/ LBT)

B adalah lebar kapal , T ; sarat kapal dan koefisien midship. Diagram utama digambarkan untuk menyatakan kurva rata-rata C_r untuk rasio Lebar sarat B/T : 2,5.

Langkah perhitungan tahanan kapal dengan metode ini ialah :

- a. Menghitung Froude Number (Fn)

$$F_n = \frac{V}{\sqrt{gL}}$$

Dimana : V = kecepatan kapal (m/s)
 g = gravitasi 9,8 (m/s²)
 L = Lpp (Panjang Kapal)

- b. Menghitung Reynold Number (Rn)

$$R_n = \frac{VL}{\nu}$$

Dimana : V = kecepatan kapal (m/s)
 L = Lwl (Panjang garis air)
 μ = viskositas (air laut di Indonesia)

- c. Menghitung Volume Displacement

$$= Lwl \times B \times T \times Cb$$

Dimana : Lwl = (Panjang garis air)
 B = Lebar Kapal
 T = Sarat Kapal
 Cb = Koefisien Blok Kapal

- d. Menghitung Luas Permukaan Basah Kapal

$$S = 1.025 L (Cb \times B + 1.7 T)$$

Dimana : L = Lpp (Panjang Kapal)
 Cb = Koefisien Blok Kapal
 B = Lebar Kapal
 T = Sarat Kapal

- e. Menghitung Koefisien Gesek (Cf)

$$C_f = \frac{0.075}{(\log_{10} R_n - 2)^2}$$

Dimana : Rn = Reynold Number

- f. Menghitung Koefisien Tahanan Sisa (Cr)

$$L /^{1/3}$$

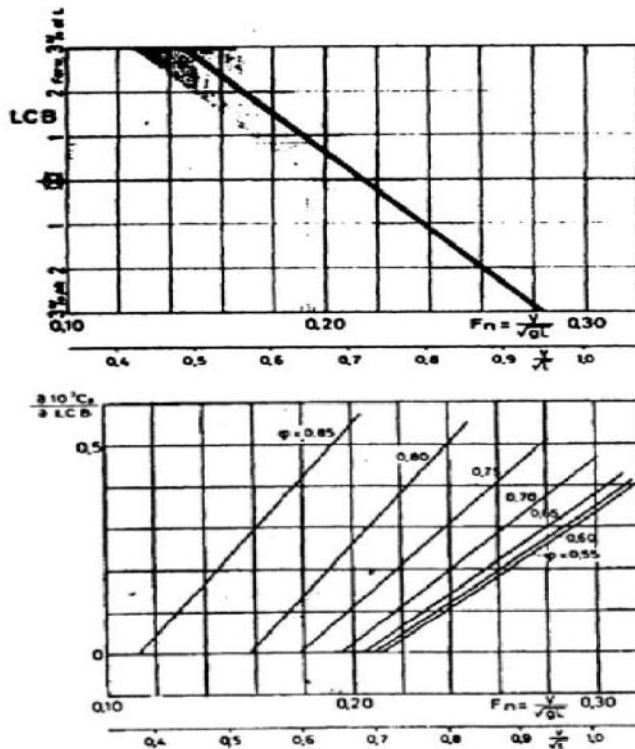
Dimana : = Volume Displacement

- g. Koreksi Tahanan Tambahan pada Tahanan Sisa
 $Cr = \{ Cr(B/T=2,5) + (0,16 \times (B/T-2,5)) \}$

Dimana : B = Lebar Kapal

T = Sarat Kapal

- h. Koreksi LCB dengan membaca grafik



Gambar 2.3.2 Penentuan LCB standard

Sumber : Tahanan dan propulsi kapal / Sv. Aa. Harvald

i. Koreksi Koefisien Tambahan

$L \leq 100 \text{ m}$	$10^3 C_A = 0,4$
$= 150 \text{ m}$	$= 0,2$
$= 200 \text{ m}$	$= 0$
$= 250 \text{ m}$	$= -0,2$
$\geq 300 \text{ m}$	$= -0,3$

j. Koreksi Tahanan kemudi dan Tahanan Udara

$$10^3 C_{AA} = 0.07 \quad 10^3 C_{AS} = 0.04$$

Dimana : CAA = Koefisien Udara
 CAS = Koefisien Kemudi

k. Menghitung Koefisien Tahanan Total

$$C_t = C_r + C_f + C_A + C_{AA} + C_{AS}$$

l. Menghitung Tahanan Total

$$R_t = C_t \times 0.5 \times \text{air laut} \times V_s^2 \times S$$

2.4 Stabilitas Kapal

Stabilitas adalah keseimbangan dari kapal, merupakan sifat atau kecenderungan dari sebuah kapal untuk kembali kepada kedudukan semula setelah mendapat senget (kemiringan) yang disebabkan oleh gaya-gaya dari luar (Rubianto, 1996). Sama dengan pendapat Wakidjo (1972), bahwa stabilitas merupakan kemampuan sebuah kapal untuk menegak kembali sewaktu kapal menyenget oleh karena kapal mendapatkan pengaruh luar, misalnya angin, ombak dan sebagainya.

Stabilitas umumnya dapat didefinisikan sebagai kemampuan suatu kapal untuk kembali tegak setelah mengalami kemiringan. Macam-macam keseimbangan benda menurut teori mekanika di bedakan menjadi 3(tiga)macam,yaitu:

1. Keseimbangan mantap (stabil)

Jika benda mendapat kemiringan sedikit dari kedudukannya, benda akan kembali pada kedudukan

semula.

2. Keseimbangan sembarang (indifferent atau netral)

Benda akan tetap pada kedudukan yang baru bagaimana dia merubah kedudukannya.

3. Keseimbangan goyah (labil)

Jika benda mendapat kemiringan sedikit dari kedudukannya, benda akan berubah lebih banyak dari kedudukan semula. Kriteria stabilitas diatur dalam aturan IMO (International Maritime Organization). Beberapa poin yang diatur diantaranya :

a. *Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.1*

- Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 0° – 30° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 3,101 m.deg.
- Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 0° – 40° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 5,157 m.deg.
- Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 30° – 40° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 1,719 m.deg.

b. *Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.2*

nilai GZ maksimum yang terjadi pada sudut 30° – 180° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,2m.

c. *Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.3*

sudut pada nilai GZ maksimum tidak boleh kurang atau sama dengan 25° (deg).

d. *Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.4*

nilai GM awal pada sudut 0° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,15 m.

2.5 Persyaratan *Container* (Peti Kemas)

Container adalah peti kemas yang digunakan untuk muatan barang dalam angkutan moda darat dan laut, menurut ISO (*International Organization For Standardization*) pengertian peti kemas dirumuskan dan harus memenuhi persyaratan Internasional sebagai berikut :

1. Mempunyai sifat – sifat yang tetap, dan karena itu harus cukup kuat untuk digunakan berulang kali.
2. Dibangun sedemikian rupa sehingga dapat digunakan untuk menyimpan barang, selanjutnya dengan menggunkan berbagai jenis alat angkut (Intermoda) dimungkinkan tanpa pemindahan isi peti kemas.
3. Dilengkapi dengan suatu peralatan khusus yang memungkinkan untuk siap diangkut terutama pemindahan dari satu jenis alat pengangkutan ke jenis alat pengangkutan lainnya.
4. Dirancang sedemikian rupa sehingga mudah untuk melakukan pengisian atau untuk dikosongkan.
5. Mempunyai volume minimum sebesar 1 m³.

Berikut adalah jenis – jenis *container* yang sesuai dengan standard ISO

a. *General Cargo Container*

Adalah petik kemas yang dipakai untuk mengangkut muatan umum (general cargo) peti kemas yang termasuk golongan ini adalah : general purpose container, opem side container, open top container, ventilated container.

b. *Thermal Container*

Adalah peti kemas yang dilengkapi dengan pengatur suhu. Peti kemas yang termasuk dalam kelompok ini adalah : insulated container, reefer container, heated container.

c. *Tank Container*

Adalah tank yang ditempatkan dalam kerangka peti kemas yang dipergunakan untuk muatan, baik muatan cair (bulk liquid) maupun gas (bulk gas).

d. *Dry Bulk Container*

Adalah peti kemas khusus yang digunakan untuk mengangkut muatan curah (bulk cargo).

e. *Platform Container*

Adalah peti kemas yang terdiri dari lantai dasar, peti kemas yang termasuk dalam kelompok ini adalah : flat rack container dan platform based container

f. *Collapsible Container*

Adalah peti kemas yang dibuat khusus untuk muatan tertentu, seperti peti kemas untuk muatan ternak atau muatan kendaraan.

g. *Air Mode*

Adalah peti kemas yang khusus dibuat dan dipergunakan oleh pesawat terbang yang berbadan besar untuk mengangkut barang – barang penumpang atau air cargo melalui udara.

Menurut ISO 6346 standar mempromosikan standarisasi semua kontainer dan menetapkan TEU (Unit Dua puluh kaki Equivalent sebagai unit dasar). Standar ini menetapkan:

- Sebuah sistem identifikasi untuk setiap kontainer melalui:
- Kode membangun pengukuran dan jenis wadah.
- Sebuah kode negara.
- tanda operasi.

Kode pemilik: ini terdiri dari tiga huruf kapital blok dari Romawi alfabet menunjuk pemilik atau operator utama wadah. Kode ini harus didaftarkan di BIC4 yang Jenis peralatan Terdiri dari salah satu berikut tiga ibukota blok dari Alfabet Romawi:

- U: Untuk wadah umum.

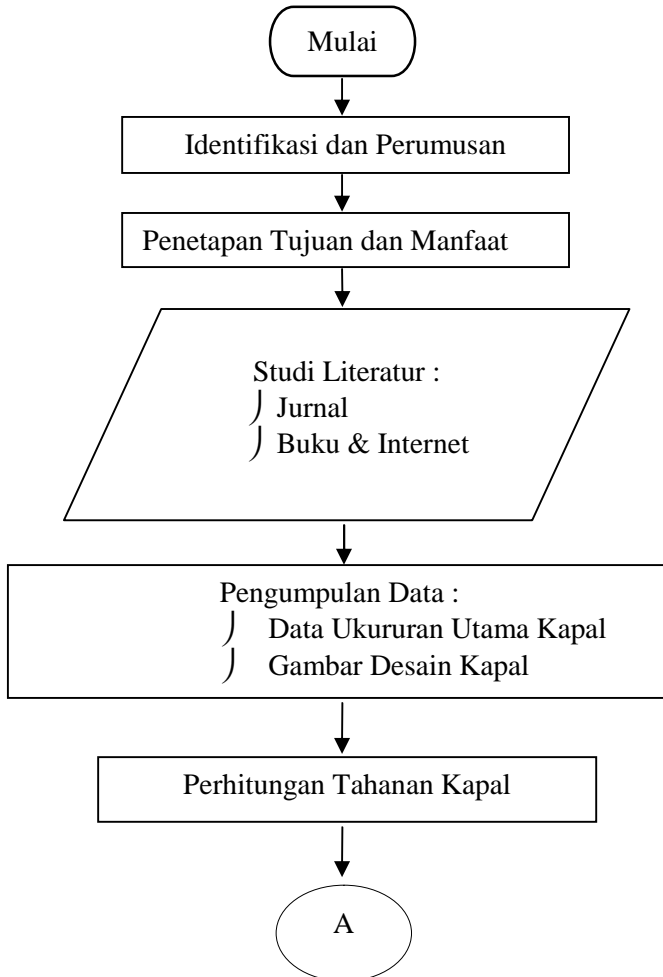
- J: Untuk peralatan bantu attachable.
- Z: Untuk transportasi sasis atau trailer jalan.

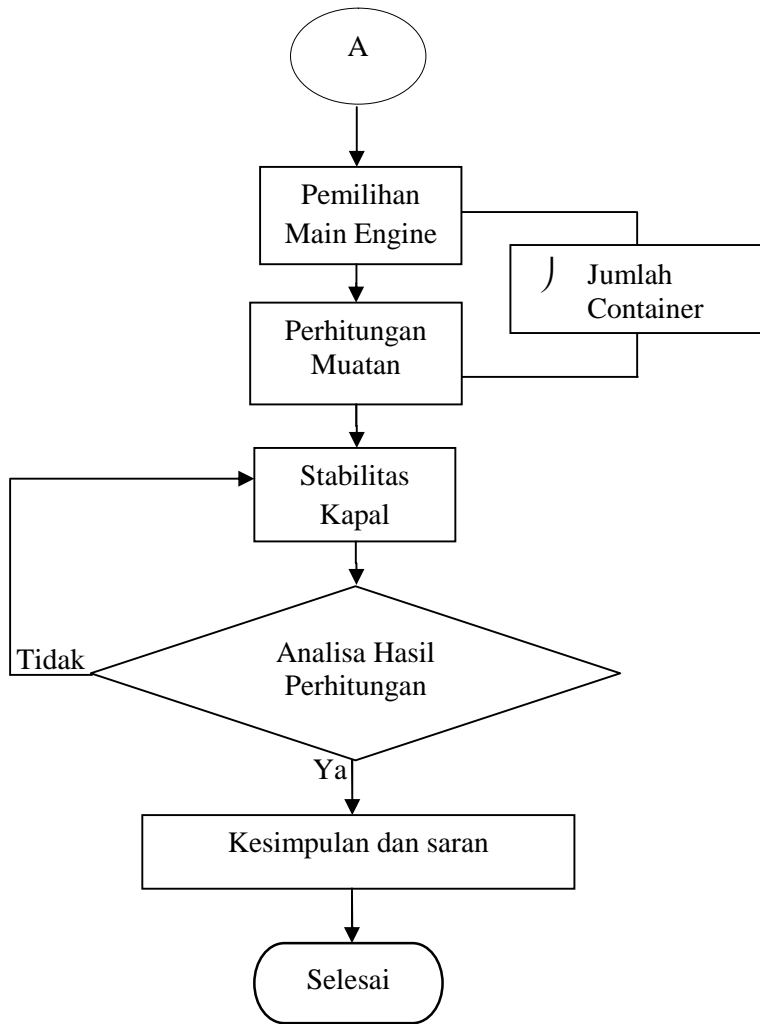
Nomor seri: Terdiri dari 6 digit angka yang diberikan oleh pemilik atau operator yang digunakan oleh pemilik atau operator untuk mengidentifikasi kontainer mereka. Kontrol digit: Terdiri dari satu angka 1 digit untuk tujuan memeriksa keaslian nomor kode pemilik dan nomor seri. Digit kontrol ini adalah pentingnya prima karena menjamin entri yang benar dalam transmisi dan memasukkan ke dalam sistem bantuan komputer. Hal ini dihitung dengan menggunakan algoritma.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian Tugas Akhir





Gambar 3.1.1 Diagram alir penelitian

3.2 Langkah Pelaksanaan Penelitian Tugas Akhir

Berikut adalah kegiatan – kegiatan yang akan dilaksanakan untuk memperoleh hasil atau melakukan proses analisa terhadap permasalahan skripsi. Penjelasan diagram alir penelitian skripsi adalah sebagai berikut :

1. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Tahap awal dalam pengerjaan skripsi ini adalah dengan mengidentifikasi permasalahan yang ada. Perlu juga perumusan masalah yang nantinya akan diselesaikan selama pengerjaan skripsi ini. Selain itu, juga terdapat batasan masalah. Hal ini dimaksudkan agar topik bahasan lebih mendetail dan tidak terlalu meluas. Juga akan memudahkan penulis dalam melakukan analisa masalah.

2. Studi literatur

Studi literatur bertujuan untuk melengkapi dan menyiapkan konsep teori yang dibutuhkan selama mengerjakan tugas akhir. Studi literatur yang digunakan meliputi *manualbook*, *textbook*, *handbook*, artikel ilmiah, konsultasi dengan dosen pembimbing dan buku-buku penunjang lainnya yang relevan.

3. Perumusan masalah

Tahap perumusan masalah merupakan tahap penuangan gagasan masalah yang akan dibahas. Rumusan masalah ini menjadi aspek pokok dalam analisa pada tugas akhir berdasarkan data yang telah didapat.

4. Pengumpulan data

Data yang diperoleh digunakan untuk kebutuhan perhitungan dan analisis. Asumsi digunakan bila keterbatasan data dapat dirasionalkan dengan pertimbangan kondisi, standar, atau korelasi parameter satu dengan yang lain.

5. Perhitungan tahanan kapal

Perhitungan tahanan kapal dilakukan dengan menggunakan rumus tahanan kapal yang sesuai dengan metode Guldhamer, Harvald

6. Pemilihan *Main Engine*

Perhitungan dasar untuk memilih *main engine* ialah pada perhitungan tahanan kapal, setelah menghitung tahanan kapal, di dapatkan daya EHP, DHP, SHP dan BHP. Acuan untuk memilih *main engine* berdasarkan berapa besar daya dari BHP (*Brake Horse Power*). Kemudian dari BHP didapatkan beberapa *main engine* yang selanjutnya harus dilakukan perbandingan dengan 10 kriteria pemilihan *main engine*.

7. Perhitungan Muatan

Perhitungan muatan dilakukan dengan menggunakan rumus - rumus pendekatan yang di adopsi dari buku *Practical Ship Design*, 1998 untuk menghasilkan nilai payload. Dari hasil nilai payload kemudian dibagi dengan berat yang mampu diangkut oleh container dan akan dihasilkan berapa jumlah container yang nanti akan diangkut.

8. Stabilitas Kapal

Dengan hasil berapa jumlah muatan yang akan diangkut dan dengan *main engine* yang akan dipasang di kapal, maka stabilitas kapal harus diperhatikan. Hasil dari analisa stabilitas kapal ini ialah berapa waktu untuk periode oleng kapal. Kriteria yang diizinkan pada analisa stabilitas kapal didasarkan pada regulasi IMO (*International Maritime Organization*).

9. Analisa Hasil Perhitungan

Dari analisa stabilitas kapal yang sudah dilakukan, apabila hasilnya memenuhi kriteria IMO maka penelitian dapat dilanjutkan untuk ditarik kesimpulan. Namun, apabila kriteria tersebut belum memenuhi standar IMO, maka analisa dapat dikoreksi ulang dan diteliti ulang pada perhitungan stabilitas kapal, karena kemungkinan ada kesalahan pada saat memasukkan data atau ada data yang kurang lengkap sehingga kriteria IMO tentang stabilitas kapal belum terpenuhi.

10. Kesimpulan dan Saran

Dengan membandingkan hasil analisa perhitungan maka dapat ditarik kesimpulan yang sesuai dengan variable masalah yang di identifikasikan di awal pada saat melakukan penelitian. Kesimpulan yang nanti akan diambil ialah tentang bagaimana bentuk desain dari perubahan kapal, jumlah *container* yang dimuat dan spesifikasi *main engine* yang akan digunakan di kapal. Saran dari hasil penelitian ini berisi tentang ide baru atau gagasan yang lebih berkembang dalam penelitian selanjutnya dengan materi yang hampir sama.

BAB IV

ANALISA & PEMBAHASAN

4.1 Data Ukuran Utama Kapal

Data-data utama kapal yang digunakan dalam pengerjaan skripsi ini adalah sebagai berikut.

Jenis kapal	:	Barge Container
LPP	:	60.09 meter
Lwl	:	62.49 meter
B	:	15.85 meter
H	:	3.66 meter
T	:	2.76 meter
Cb	:	0.74
Vs	:	10 knot
Cbwl	:	0.735
Cp	:	0.747
Cm	:	0.991
Lcb	:	0.38 .

4.2 Perhitungan Tahanan Kapal

Perhitungan tahanan kapal yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan metode *Harvald*. Perhitungan dilakukan sebagai dasar untuk menentukan berapa besar tahanan kapal yang akan berpengaruh pada besarnya daya *main engine* yang akan digunakan, rumus dari tahanan total sebagai berikut :

$$R_t = C_t \times 0.5 \times \text{airlaut} \times V_s^2 \times S$$

untuk menghasilkan nilai tahanan total kapal, maka diperlukan data – data lain sebagai penunjang perhitungan tahanan kapal. Dibawah ini adalah beberapa perhitungannya.

) **Displacement Kapal**

$$\begin{aligned}
 &= \text{LWL} \times \text{B} \times \text{T} \times \text{Cb} \times \\
 &= 62,49 \times 15,85 \times 2,76 \times 0,74 \times 1,025 \\
 &= 2059,61 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

) **Volume Displacement**

$$\begin{aligned}
 &= \text{LWL} \times \text{B} \times \text{T} \times \text{Cb} \\
 &= 62,49 \times 15,85 \times 2,76 \times 0,74 \\
 &= 2009,38 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

) **Luas Permukaan Basah (S)**

$$\begin{aligned}
 S &= 1.025 \times \text{Lpp} [(\text{Cb} \times \text{B}) + (1.7 \times \text{T})] \\
 &= 1,025 \times 60,09 [(0,74 \times 15,85) + (1,7 \times 2,76)] \\
 &= 1011,41 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

) **Froude Number**

$$\begin{aligned}
 \text{Fn} &= \text{Vs} / (\text{g} \times \text{Lpp})^2 \\
 &= 5,144 / (9,8 \times 60,09) \\
 &= 0,21
 \end{aligned}$$

) **Reynold Number**

$$\begin{aligned}
 \text{Rn} &= \text{Vs} \times \text{Lwl} / \mu \text{k} \\
 &= 16,8 \times 62,49 / 0,94252 \times 10^{-6} \\
 &= 1113920638
 \end{aligned}$$

) **Koefisien Tahanan Gesek**

$$\begin{aligned}
 \text{Cf} &= 0.075 / (\log \text{Rn} - 2)^2 \\
 &= 0,075 / (\log 1113920638 - 2)^2 \\
 &= 0,001510326
 \end{aligned}$$

) **Koefisien Tahanan Sisa**

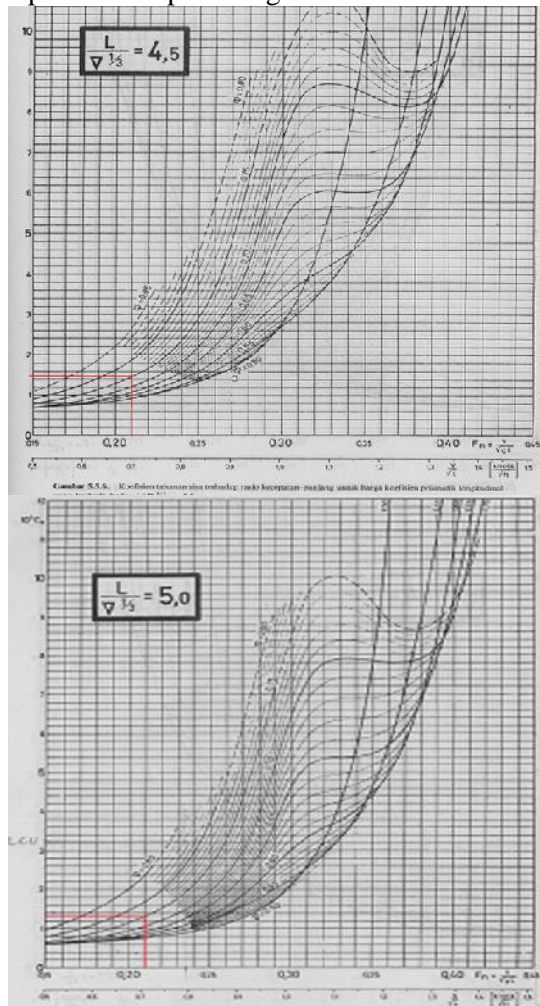
$$\begin{aligned}
 \text{Lwl} / ^{1/3} &= 62,49 / (2009,38)^{1/3} \\
 &= 4,95
 \end{aligned}$$

Dilakukan interpolasi dari data yang diperoleh pada diagram untuk mendapat nilai Cr dari perhitungan.

Tabel 4.1 Interpolasi Hasil Pembacaan

$\text{Lwl} / ^{1/3}$	$10^3 \cdot \text{Cr}$
4.5	1.45
4.95	Cr
5	1.3

Nilai pada tabel diatas di dapatkan dari hasil pembacaan pada diagram $Lwl / \frac{1}{3}$



Gambar 4.2.1 Diagram $Lwl / \frac{1}{3}$

Maka nilai cr dapat diketahui

$$10^3 \cdot Cr1 = 1.313905285$$

$$Cr1 = 0.0013$$

) **Koefisien Tahanan Tambahan pada Tahanan Sisa**

Karena kapal pada umumnya berbeda dengan standar dengan tingkat perbedaan tertentu, lebih besar atau lebih kecil, maka harus dilakukan koreksi sebagai berikut :

$$Cr = \{ Cr(B/T) + (0,16 \times (B/T - 2,5))$$

$$B/T = 5.742753623$$

$$10^3 \cdot Cr2 = 1.83274586$$

$$Cr2 = 0.001832746$$

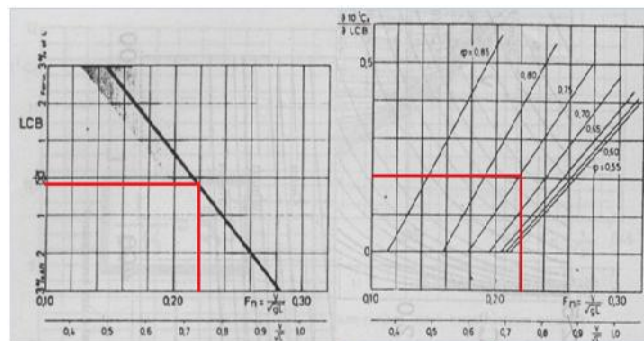
Penentuan LCB standard dalam % dengan acuan grafik LCB standard, buku TAHANAN DAN PROPULSI KAPAL hal. 130, gambar 5.5.15

LCB std = 0.20% m di belakang midship

Karena LCB perhitungan tidak sama dengan LCB standard maka dilakukan koreksi sebagai berikut:

$$LCB = LCB - LCB_{standard}$$

$$= 23.09\%$$



Gambar 4.2.2 Grafik Lcb Standard

dari pembacaan grafik 5.5.16 diperoleh

$$d10^3Cr/dLCB$$

$$10^3Cr3 = 10^3Cr2 + (d10^3CR/dLCB) * LCB$$

$$10^3Cr3 = 1.878926265$$

$$Cr3 = 0.001878926$$

Koefisien anggota badan kapal. dalam hal ini yang perlu dikoreksi adalah boss baling-baling, untuk kapal Cr dinaikkan sebesar 3-5%, diambil 4%, sehingga :

$$Cr4 = Cr3 + 3\% Cr3$$

$$Cr4 = 0.001935294$$

) Koefisien Tahanan Tambahan (Ca)

Dari tabel koreksi 5.5.24 halaman 132 (tahanan propulsi, AA Harvald) didapat data sebagai berikut :

L	≤ 100 m	$10^3 C_A = 0,4$
	= 150 m	= 0,2
	= 200 m	= 0
	= 250 m	= -0,2
	≥ 300 m	= -0,3

Sehingga nilai $CA = 0,0004$

) Koefisien tahanan udara diketahui :

$$CAA = 0.00007$$

) Koefisien tahanan kemudi diketahui :

$$CAS = 0.00004$$

) Tahanan Total

Koefisien tahanan total kapal atau C_t , dapat ditentukan dengan menjumlahkan seluruh koefisien tahanan kapal yang ada :

$$C_t = C_f + C_r + C_A$$

$$= C_f + (Cr4 + Cas + Caa) + CA$$

$$= 0.004132$$

$$\begin{aligned}
 R_t &= C_t \times 0.5 \times \text{air laut} \times V_s^2 \times S \\
 &= 56.675 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Dalam hal ini tahanan total dalam pelayaran dinas harus diberi kelonggaran tambahan pada tahanan dan daya efektif. Kelonggaran tersebut (sea margin/service margin) bernilai antara 15%-20% dari tahanan total dan daya efektif.

$$\begin{aligned}
 R_t(\text{dns}) &= R_t + 15\% R_t \\
 &= 68.010 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

4.3 Pemilihan Main Engine

Memilih *main engine* adalah langkah selanjutnya dalam penelitian ini. Setelah hasil tahanan diketahui, maka yang harus diketahui ialah EHP, DHP, SHP dan BHP. Selain *main engine*, pemilihan *gearbox* dan *propeller* adalah materi yang di analisa dalam penelitian ini. Dibawah adalah langkah – langkah untuk menentukan dari pemilihan *main engine*.

4.3.1 Perhitungan Daya Main Engine

) **EHP (Effective Horse Power)**

Daya Efektif (EHP) adalah daya yang diperlukan untuk menggerakkan kapal di air atau untuk menarik kapal dengan kecepatan v . Berikut perhitungan daya efektif (EHP) :

$$\begin{aligned}
 \text{EHP} &= R_t \text{ dinas} \times V_s \text{ (feet/s)} \\
 &= 68,010 \times 5,144 \\
 &= 349.841 \text{ kW} \\
 &= 469.145 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

) **DHP (Delivery Horse Power)**

DHP adalah daya yang diserap oleh propeller dari sistem perporosan atau daya yang dihantarkan oleh sistem perporosan ke propeller untuk diubah menjadi daya dorong.

$$\text{DHP} = \text{EHP}/P_c$$

Nilai P_c di dapatkan dari perhitungan berikut ini :

$$P_c = H \times rr \times o$$

Dimana :

H = Efisiensi Lambung

rr = Efisiensi Relatif Rotatif

o = Efisiensi Propeller

➤ **Efisiensi lambung (H)**

- Wake Friction (w)

Wake friction atau arus ikut merupakan perbandingan kecepatan kapal dengan kecepatan air yang menuju ke propeller. Dengan menggunakan rumus Single screw ship with sternbulb :

$$\begin{aligned} W_{\text{standar}} &= 0,50 C_b - 0,05 \\ &= 0,50 \times 0,74 - 0,05 \\ &= 0,32 \end{aligned}$$

- Thrust Deduction Factor (t)

nilai t dapat dicari dari persamaan berikut :

$$\begin{aligned} t_{\text{standar}} &= k \cdot w \\ &= 0,7 \times 0,32 \\ &= 0,224 \end{aligned}$$

maka, Efisiensi Lambung (H)

$$\begin{aligned} H &= (1-t)/(1-w) \\ &= (1 - 0,224) / (1 - 0,32) \\ &= 1,141 \end{aligned}$$

➤ **Efisiensi Relatif Rotatif (rr)**

Harga rr untuk kapal dengan *single screw* propeller berkisar antara 1,0 - 1,1 (*EDWARCV, LEWIS. PRICIPAL OF NAVAL ARCHITECTURE*) pada perencanaan *propeller* dan tabung poros ini diambil harga 1,1

➤ **Efisiensi Propulsi (o)**

adalah *open water efficiency* dari *single screw propeller* pada saat dilakukan *open*

water test, nilainya antara 55% -75%, dan diambil nilai : $\eta = 55\%$

maka, Koefisien Propulsif (P_c)

$$\begin{aligned} P_c &= H \times r \times \eta \\ &= 1,141 \times 1,1 \times 0,55 \\ &= 0.690 \end{aligned}$$

jadi nilai DHP ialah

$$\begin{aligned} DHP &= EHP/P_c \\ &= 469,145 / 0,69 \\ &= 679.515 \text{ Hp} \\ &= 506.714 \text{ kW} \end{aligned}$$

) **SHP (Shaft Horse Power)**

Untuk kapal yang kamar mesinnya terletak di bagian belakang akan mengalami losses sebesar 2%, sedangkan kapal yang kamar mesinnya pada daerah midship kapal mengalami losses sebesar 3%. (*"PRINCIPAL OF NAVAL ARCHITECTURE hal. 131"*). Pada perencanaan ini, kamar mesin terletak dibagian belakang, sehingga losses yang terjadi sebesar 2%.

$$\begin{aligned} SHP &= DHP / \eta_s \\ &= 679,51 / 98\% \\ &= 693.383 \text{ Hp} \\ &= 517.055 \text{ kW} \end{aligned}$$

) **BHP (Brake Horse Power)**

➤ **BHP Scr**

Merupakan pengaruh efisiensi roda system gigi transmisi (G), pada perencanaan ini memakai sistem roda gigi reduksi tunggal atau *single reduction gear* dengan losses 2% untuk arah maju sehingga $G = 0,98$. Maka

$$\begin{aligned} BHP_{scr} &= SHP / G \\ &= 693,383 / 0,98 \\ &= 707.5337909 \text{ Hp} \\ &= 527.6079479 \text{ kW} \end{aligned}$$

➤ **BHP Mcr**

Daya keluaran pada kondisi maksimum dari motor induk dimana besarnya 85% - 90% dari daya BHPscr. Dalam perencanaan ini diambil = 90 %

$$\begin{aligned}\text{BHPmcr} &= \text{BHPscr}/90\% \\ &= 786.18 \text{ Hp} \\ &= 586.23 \text{ kW}\end{aligned}$$

) BHP (*Brake Horse Power*) sudah diketahui, langkah selanjutnya ialah memilih *engine* dengan 3 perbandingan *main engine*. Ketiga *main engine* yang akan dibandingkan memiliki perbedaan spesifikasi dan merk. Merk yang digunakan ialah *Yanmar*, *Catterpillar*, dan *Cummins* Berikut ini adalah kriteria dalam memilih *engine*.

➤ **SFOC**

Tabel 4.3-1 SFOC *main engine*

Mesin	SFOC (g/Kwh)
Yanmar	202
Caterpillar	163.8
Cummins	162.1

Rumus Perbandingan :

$$\text{Yanmar} = 1 - \frac{(202 - 162,1)}{162,1} \times 100\%$$

$$= 71 \%$$

$$\text{Cat} = 1 - \frac{(163,8 - 162,1)}{162,1} \times 100\%$$

$$= 99 \%$$

$$\text{Cummins} = 1 - \frac{(162,1 - 162,1)}{162,1} \times 100\%$$

$$= 100 \%$$

➤ **Harga**

Rumus Perbandingan

Harga

$$\text{Mesin} = 1 - \left(\frac{\text{Harga mesin} - \text{harga terkecil}}{\text{harga terkecil}} \right) \times 100\%$$

Hasil prosentase :

Yanmar = 100%

Caterpillar = 85%

Cummins = 74%

➤ **Dimensi**
Dimensi

$$\text{Mesin} = 1 - \left(\frac{\text{Dimensi mesin} - \text{Dimensi terkecil}}{\text{Dimensi terkecil}} \right) \times 100\%$$

Hasil Prosentase :

Yanmar = 100%

Caterpillar = 85%

Cummins = 78%

➤ **Putaran**
Putaran

$$\text{Mesin} = 1 - \left(\frac{\text{Putaran mesin} - \text{Putaran terkecil}}{\text{Putaran terkecil}} \right) \times 100\%$$

Hasil Prosentase :

Yanmar = 94%

Caterpillar = 72%

Cummins = 100%

➤ **Berat**
Berat

$$\text{Mesin} = 1 - \left(\frac{\text{Berat mesin} - \text{Berat terkecil}}{\text{Berat terkecil}} \right) \times 100\%$$

Hasil Prosentase :

Yanmar = 100%

Caterpillar = 85%

Cummins = 60%

➤ **Daya**
Daya

$$\text{Mesin} = 1 - \left(\frac{\text{Daya mesin} - \text{Daya terkecil}}{\text{Daya terkecil}} \right) \times 100\%$$

Hasil Prosentase :

Yanmar = 96%

Caterpillar = 92%

Cummins = 98%

➤ **Gear Box**

Mesin = 1 -	$\left(\frac{\text{Harga GearBox} - \text{Harga GearBox terkecil}}{\text{Harga GearBox terkecil}} \right) \times 100\%$	

Hasil Prosentase :

Yanmar = 100%

Caterpillar = 88%

Cummins = 88%

➤ **Bahan Bakar**

Bahan bakar menggunakan MDO dan HFO maka semua engine terpilih mendapatkan nilai yang sama.

➤ **Maintainability**

Persyaratan perawatan preventif dan perawatan korektif harus dipertimbangkan dalam memilih tipe permesinan dalam sistem penggerak utama kapal. Perawatan preventif secara langsung berpengaruh pada tingkat pemakaian personil dan operasional cost misalnya pelumasan, perawatan packing, pembersihan, dan penggantian bagian-bagian tertentu. Operasional costs menjadi sangat penting saat perlengkapan dan perlengkapan khusus disyaratkan.

➤ **Reliability**

Semakin banyak barang ada kemungkinan semakin murah sebaliknya, apabila semakin sedikit barang itu dipasaran akan semakin mahal karna susah dicari.

Dari kriteria diatas, maka dapat di susun menjadi prosentase pada masing – masing engine, dari susunan tersebut dapat dilihat prosentase terbaik yang dapat dipilih sebagai kriteria memilih *engine*. Dari hasil susunan tersebut maka main engine yang digunakan ialah bermerk yanmar (6 AYM WET) karena memiliki prosentase paling tinggi berdasarkan perhitungan apabila dibandingkan dengan main engine yang lain.

Tabel 4.3-2 Hasil Prosentase Pemilihan Engine

kriteria	bobot	YANMAR (6 AYM WET)		CATERPILLAR (C-15)		CUMMINS (KTA 38 MO)	
SFOC	20%	71%	14.2%	99%	20%	100%	20%
HARGA	15%	100%	15%	85%	13%	74%	11%
DIMENSI	5%	100%	5.0%	85%	4%	78%	4%
BERAT	5%	100%	5.00%	85%	4%	60%	3%
PUTARAN	15%	94%	14%	72%	11%	98%	15%
GEARBOX	5%	100%	5%	88%	4%	88%	4%
DAYA	15%	96%	15%	92%	14%	100%	15%
BAHAN BAKAR	10%	100%	10%	100%	10%	100%	10%
MAINTAINABILITY	5%	100%	5%	100%	5%	100%	5%
RELIABILITY	5%	100%	5%	86%	4%	75%	4%
TOTAL			93%		89%		91%

4.3.2 Perhitungan *Propeller*

) Menentukan Bp Diagram

Pertama-tama yang dilakukan adalah memprediksi seri berapa saja yang digunakan untuk design propeller, dan dipilih seri B5 Untuk mendapatkan nilai dari Bp1, maka dibutuhkan nilai dari *advance speed* (Va) sebesar 6,92 knot . kemudian menentukan Bp1 dengan menggunakan rumus : $Bp1 = N \times SHP^{0,5} / Va^{-2,5}$

N adalah putaran propeller yang sudah ditambah gearbox

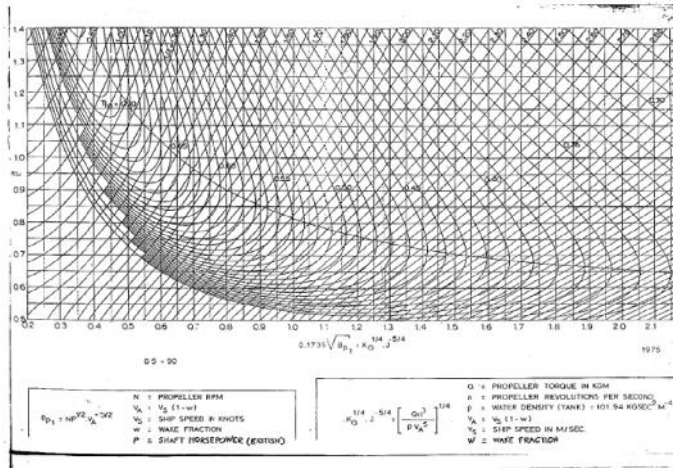
$$\begin{aligned}
 N &= \text{speed engine} / \text{rasio gear box} \\
 &= 1900 \text{ rpm} / 6,95 \\
 &= 273,381 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

Va merupakan perkalian antara pengurangan 1 dengan w yang dikalikan dengan Vs, sehingga diperoleh harga Va sebesar

$$\begin{aligned}
 Va &= (1-w) \cdot Vs \\
 &= (1 - 0,308) \times 10 \\
 &= 6,92 \text{ knot}
 \end{aligned}$$

Maka nilai Bp1 diperoleh sebesar 0,1739. Bp1 1,314

Setelah mendapat nilai $0,1739$. Bp_1 , kemudian membaca diagram Wegningen B – Series dengan acuan nilai $0,1739$. Bp_1 untuk mendapatkan nilai P/D_0 dan I/J_0 .



Gambar 4.3.1 Diagram Bp delta B5 - 90

Setelah didapatkan nilai P/D_0 dan $1/J_0$, maka dilakukan perhitungan D_0 , D_b , b

D_0 (ft) = V_{ax} / N (diameter propeller)

D_b (ft) = $0.96 \times D_0$ (single screw)

D_b (ft) = $0.98 \times D_0$ (twin screw)

b = $D_b \times N / V_a$ (nilai diplotkan ke diagram Bp)

berikut ini adalah hasil pembacaan Bp diagram

Tabel 4.3-3 Hasil pembacaan dengan acuan $0,1739$. Bp_1

Jenis Prop	P/D_0	$1/J_0$	δ_0	D_0 (ft)	D_b (ft)	D_{max} (ft)	$D_b < D_{max}$	δ_b
B5-60	0.680	2.150	217.72	5.5111046	5.2906604	5.249344	tidak terpenuhi	209.012658
B5-75	0.735	2.140	216.71	5.48547155	5.2660527	5.249344	tidak terpenuhi	208.040506
B5-90	0.740	2.119	214.58	5.43164216	5.2143765	5.249344	terpenuhi	205.998987
B5-105	0.780	2.106	213.27	5.3983192	5.1823864	5.249344	terpenuhi	204.73519

Setelah hasil P/D_0 dan $1/J_0$ diketahui, dengan acuan $1/J_b$, maka mencari nilai P/D_b dan (effisiensi) dengan cara

membaca diagram Bp B series. Dari pembacaan tersebut didapatkan hasil pada table dibawah ini.

Tabel 4.3-4 Hasil pembacaan dengan acuan I/Jb

Jenis Prop	δb	$1/J_b$	P/D_b	η
B5-60	209.0127	2.064	0.770	0.572
B5-75	208.0405	2.054	0.782	0.569
B5-90	205.999	2.034	0.813	0.554
B5-105	204.7352	2.022	0.860	0.532

Perhitungan Kavitasi

Perhitungan kavitasi perlu dilakukan dengan tujuan untuk memastikan suatu *propeller* bebas dari kavitasi yang menyebabkan kerusakan fatal terhadap *propeller*. Perhitungan kavitasi ini dengan menggunakan *Diagram Burril's*. Berikut ini adalah langkah - langkah untuk menentukan kavitasi tidaknya *propeller* yang kita pilih. Sebelum itu ditentukan terlebih dahulu nilai :

a) $AO = \text{Disk Area} / \text{Area of tip circle}$

$$AO = \left(\frac{D}{2} \right)^2$$

b) $Ae = AO \times (Ae/AO)$

c) $AP = \text{Projected Area of blade}$

$$AP = Ae \times (1.067 - 0.229 \times P/D)$$

d) $Vr^2 = Va^2 + (0.7 \times D)^2$

e) $T = \text{Thrust}$

$$T = EHP / ((1-t) VS)$$

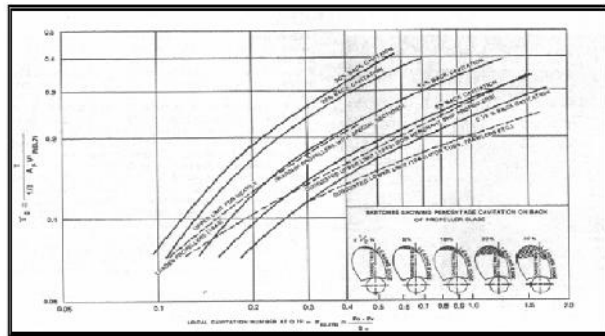
f) $\phi = \text{Thrust Coefficient}$

$$\phi = T / (AP \cdot 0.5 \cdot Vr^2)$$

$$0,7R = (1,882 + 19,62(h))/Va^2 + 4,836 \times n^2 D^2$$

Dimana : h = Jarak antara Center poros dengan sarat = 0.8 m

Nilai 0,7R ini digunakan untuk mengetahui nilai angka kavitasi pada diagram burrill dipotongkan dengan kurva merchant ship propeller. Dari pembacaan Burril's diagram maka akan didapatkan nilai ϕ .



Gambar 4.3.2 Diagram Tc Burril

Setelah nilai $0.7R$ diketahui, maka nilai c dapat diketahui dengan pembacaan diagram Burril. Cara pembacaan diagram adalah dengan menarik garis vertical keatas pada nilai $0.7R$ sampai memotong garis putus – putus yang kedua (Suggested upper limit for merchant ship propellers). Dari perpotongan ini maka ditarik garis horizontal sehingga didapatkan nilai c . Suatu propeller dikatakan tidak mengalami kavitasi apabila ϕ hitungan $< \phi_c$. Dalam keadaan ini artinya propeller bebas kavitasi. Dibawah ini adalah tabel susunan dari hasil pembacaan.

Tabel 4.3-5 Hasil Pembacaan Diagram Burril

Jenis Prop	Ae/Ao	Ao	Ae	Ad	Ap (ft2)	Ap (m2)	Va (m/s)	N (rps)
B5-60	0.6	21.9929974	13.1957984	13.1957984	11.753102	1.092	3.560	4.556
B5-75	0.75	21.78888716	16.3416654	16.3416654	14.510124	1.348	3.560	4.556
B5-90	0.9	21.363353	19.2270177	19.2270177	16.935599	1.573	3.560	4.556
B5-105	1.05	21.10203004	22.1571315	22.1571315	19.278034	1.791	3.560	4.556

Tabel 4.3-6 Kriteria Kavitasi Propeller

Vr^2	T	Tc hitungan	$\sigma 0.7R$	τc	Kavitasi ?
273.97	68.60	0.4474	0.745	0.3394	kavitasi
271.54	68.60	0.3656	0.751	0.3404	kavitasi
266.48	68.60	0.3192	0.766	0.3424	tidak kavitasi
263.38	68.60	0.2837	0.775	0.3437	tidak kavitasi

Dari ke empat jenis propeller B5 series, ternyata hasilnya tidak kavitasi. Kemudian dari segi *clearance*, dapat kita lihat pada table dibawah ini :

Tabel 4.3-7 Kriteria *Clearance Propeller*

η	Jenis Prop	Ratio G/B	0.7T	clearance prop.	clearance	pitch
0.572	B5-60	6.950	1.932	1.806	masuk	1.2417
0.569	B5-75	6.950	1.932	1.798	masuk	1.2552
0.554	B5-90	6.950	1.932	1.780	masuk	1.2921
0.532	B5-105	6.950	1.932	1.769	masuk	1.3584

Dari ke empat jenis *propeller* B5 series, ternyata tingkat *clearance* nya memenuhi kriteria. Maka dari keseleruhan perhitungan dapat dipilih *propeller* B5 series dengan spesifikasi yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.3-8 *Propeller*

Type propeller	Db (ft)	n (rpm)	P/Db	η_b
	single screw			
B5-90	5.2144	273.38	0.81	0.554

4.3.3 Perhitungan EPM (*Engine Propeller Matching*)

Data kapal yang dipergunakan adalah :

$$\begin{aligned}
 t &= 0.216 \\
 w &= 0.308 \\
 V_s &= 10.00 \text{ knot} \\
 \text{air laut} &= 1025 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 1.025 \text{ ton/m}^3
 \end{aligned}$$

Data propeller yang didapatkan:

$$\begin{aligned}
 \text{Tipe Propeller} &= \text{B5-90} \\
 \text{Db(m)} &= 5.21 \text{ ft} = 1.590 \text{ m} \\
 \text{(P/Db)} &= 0.813 \\
 \text{propeller} &= 0.554 \\
 \text{Rpm Propeller} &= 273.381 \text{ rpm} = 4.556 \text{ rps}
 \end{aligned}$$

) Menghitung Koefisien \mathfrak{S}

$$R_{t\text{TRIAL}} = 0.5 \times \quad \times C_t \times S \times V_s^2$$

$$R_{t\text{TRIAL}} = \mathfrak{S}_{\text{TRIAL}} \times V_s^2$$

$$\begin{aligned}\mathfrak{S}_{\text{TRIAL}} &= R_{t\text{TRIAL}} / V_s^2 \\ &= 56,675 / 5,14^2 \\ &= 2,145\end{aligned}$$

$$R_{t\text{Serv}} = 0.5 \times \quad \times C_t \times S \times V_s^2$$

$$R_{t\text{Serv}} = \mathfrak{S}_{\text{SERVICE}} \times V_s^2$$

$$\begin{aligned}\mathfrak{S}_{\text{Serv}} &= R_{t\text{SERVICE}} / V_s^2 \\ &= 68,01 / 5,14^2 \\ &= 2,574\end{aligned}$$

) Menghitung Koefisien \wp

$$\begin{aligned}\wp_{\text{TRIAL}} &= \mathfrak{S}_{\text{TRIAL}} / ((1-t) (1-w)^2 \partial D^2) \\ &= 2,145 / ((1-0.216) \times (1-0.308)^2 \times 1.025 \times 1,6^2) \\ &= 2,205\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\wp_{\text{Serv}} &= \mathfrak{S}_{\text{Srev}} / ((1-t) (1-w)^2 \partial D^2) \\ &= 2,574 / ((1-0.216) \times (1-0.308)^2 \times 1.025 \times 1,6^2) \\ &= 2,646\end{aligned}$$

) Membuat Kurva hubungan KT-J

Selanjutnya memasukan nilai perhitungan diatas pada tabel. Dimana KT_{SHIP} diperoleh dari rumusan berikut.

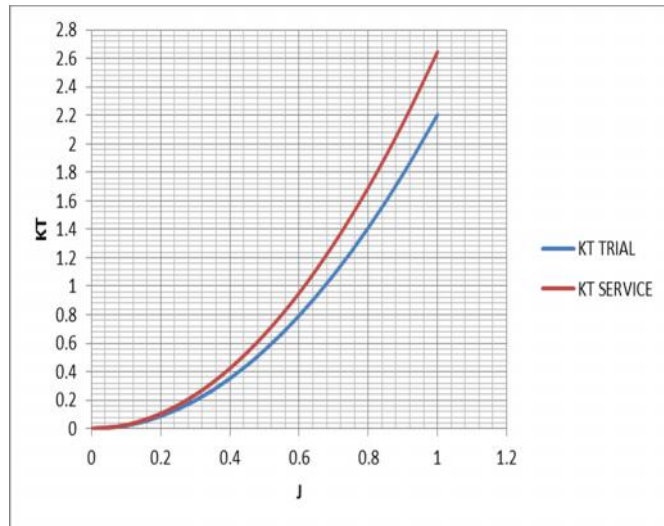
$$KT = \quad \times J^2$$

Dari rumusan tersebut, diperoleh tabel KT-J seperti dibawah ini :

Tabel 4.3-9 Tabel Hubungan KT -J

J	J^2	KT_{trial}	KT_{service}
0	0	0.000	0.000
0.1	0.01	0.022	0.026
0.2	0.04	0.088	0.106
0.3	0.09	0.198	0.238
0.4	0.16	0.353	0.423
0.5	0.25	0.551	0.661
0.6	0.36	0.794	0.952
0.7	0.49	1.080	1.296
0.8	0.64	1.411	1.693
0.9	0.81	1.786	2.143
1	1	2.205	2.646

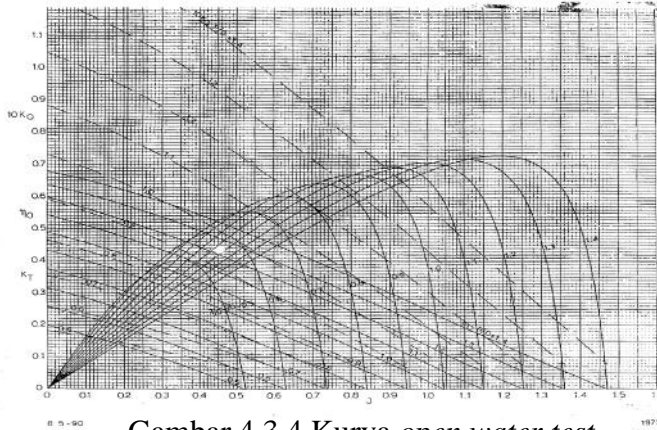
Dari tabel diatas dibuatlah grafik seperti dibawah ini :



Gambar 4.3.3 Grafik KT - J

) Membaca grafik $KT_{PROP} - KQ - \rightarrow$ kurva *open water test*

Pembacaan kurva dilakukan sesuai dengan jenis propeller yang kita pilih yaitu B5-90. Adapun cara pembacaan kurva ini adalah sebagai berikut:



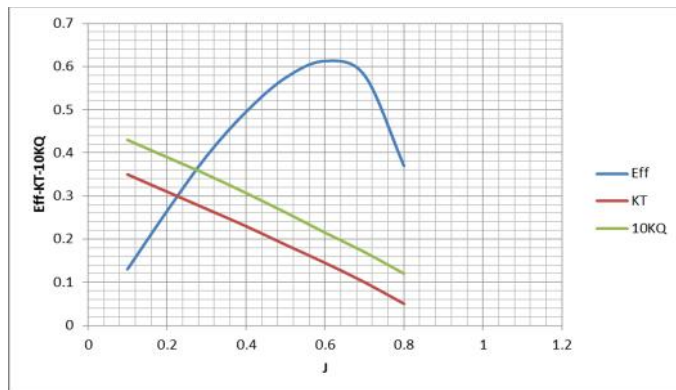
Gambar 4.3.4 Kurva *open water test*

Pada kurva diatas, sumbu-x adalah nilai variasi dari J dan sumbu-y adalah nilai dari perpotongan antara J dengan KT , $10 KQ$, dan η . Cara membacanya yaitu, pertama-tama diambil nilai J , lalu untuk mendapatkan nilai KT dari J tersebut, kita liat nilai rasio pitch atau P/D_b dari propeller yang dipilih yang bisa dilihat dari kotak berwarna merah pada kurva diatas. Lalu sesuaikan dengan nilai P/D_b dari propeller dan nilai tersebut ditarik mengikuti garis lurus (contohnya seperti garis warna ungu pada kurva). Lalu perpotongan antara nilai J dan garis ungu tersebut ditarik ke sumbu-y sehingga didapatkanlah nilai $KT - \eta$.

Selanjutnya cara yang sama dilakukan untuk mencari nilai $10KQ$ dan η_o , namun perlu dilihat bahwa nilai P/db dalam perhitungan $10KQ$ terletak pada kotak berwarna orange pada kurva diatas dan garisnya adalah putus-putus (berwarna hijau). Dan pada efisiensi, nilai efisiensi yang didapatkan diplotkan dalam kotak berwarna coklat pada kurva diatas dan dipotongkan dengan kurva efisiensi yang berwarna biru. Maka dari cara tersebut, didapatkan tabel dan kurva berikut :

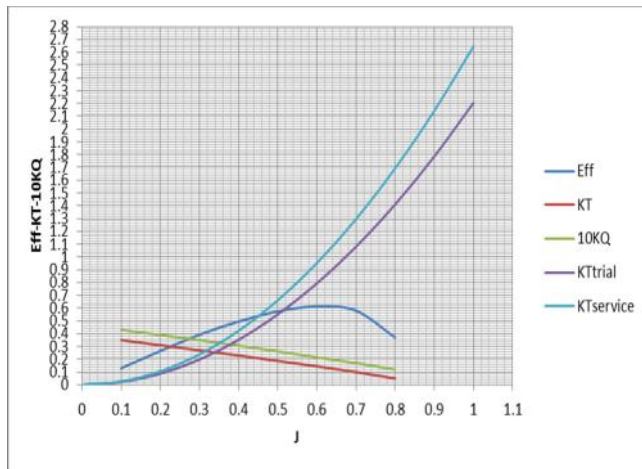
Tabel 4.3-10 Hasil pembacaan *Open Water Test*

P/Db	0.813		
J	KT	10KQ	η_o
0.1	0.35	0.43	0.13
0.2	0.31	0.39	0.265
0.3	0.27	0.35	0.392
0.4	0.23	0.307	0.495
0.5	0.187	0.262	0.574
0.6	0.145	0.215	0.613
0.7	0.1	0.17	0.58
0.8	0.05	0.12	0.37
0.9	0		
1			



Gambar 4.3.5 kurva hasil pembacaan *open water test*

) Mendapatkan titik operasi *propeller*
 Setelah didapatkan KT SHIP dan KT PROPELLER maka kedua kurva tersebut kita potongkan. Perpotongan tersebut merupakan titik operasi propeller. Sehingga didapatkan grafik open water test berikut.



Gambar 4.3.6 kurva gabungan KT – J

Lalu dari grafik *open water* diatas, akan didapatkan nilai-nilai berikut.

Clean hull

J	:	0.39
KT	:	0.18
η_0	:	0.531
10KQ	:	0.605
KQ	:	0.0605

Rough Hull

J	:	0.38
KT	:	0.19
η_0	:	0.41
10KQ	:	0.638
KQ	:	0.0638

J Membuat Tabel *Clean Hull Condition* dan *Service Condition*

Tabel 4.3-11 Kondisi *Clean Hull*

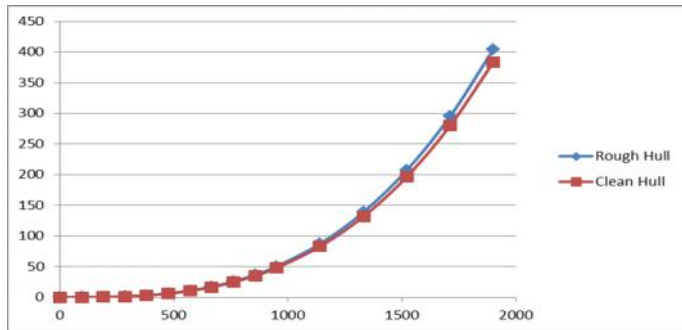
%	Putaran mesin	putaran propeller		Q (Nm)	DHP (HP)	EHP
		RPM	RPS	(KQ n2 D5)	(2 Q n)	
0	0	0.000	0	0	0.00	0
5%	95	13.669	0.228	32.6811281	0.06	14.56548
10%	190	27.338	0.456	130.724513	0.50	29.13095
15%	285	41.007	0.683	294.130153	1.69	43.69643
20%	380	54.676	0.911	522.89805	4.01	58.2619
25%	475	68.345	1.139	817.028204	7.84	72.82738
30%	570	82.014	1.367	1176.52061	13.54	87.39285
35%	665	95.683	1.595	1601.37528	21.51	101.9583
40%	760	109.353	1.823	2091.5922	32.10	116.5238
45%	855	123.022	2.050	2647.17138	45.71	131.0893
50%	950	136.691	2.278	3268.11281	62.70	145.6548
60%	1140	164.029	2.734	4706.08245	108.35	174.7857
70%	1330	191.367	3.189	6405.50112	172.05	203.9167
80%	1520	218.705	3.645	8366.3688	256.83	233.0476
90%	1710	246.043	4.101	10588.6855	365.68	262.1786
100%	1900	273.381	4.556	13072.4513	501.62	291.3095

SHP	BHP (scr)	BHP (kW)	BHP (%)	V³	Vs(m/s)	Vs(knot)	RPM
(DHP s)							%
0.00	0.0	0.00	0.00	0	0	0	0
0.06	0.1	0.05	0.01	43.0	0.257	0.5	5.00
0.51	0.5	0.38	0.07	86.0	0.514	1.0	10.00
1.73	1.8	1.30	0.25	129.0	0.771	1.5	15.00
4.09	4.2	3.07	0.59	172.0	1.028	2.0	20.00
8.00	8.2	6.00	1.16	215.0	1.285	2.5	25.00
13.82	14.1	10.37	2.00	257.9	1.542	3.0	30.00
21.95	22.4	16.46	3.17	300.9	1.799	3.5	35.00
32.76	33.4	24.57	4.74	343.9	2.056	4.0	40.00
46.64	47.6	34.98	6.75	386.9	2.313	4.5	45.00
63.98	65.3	47.99	9.25	429.9	2.570	5.0	50.00
110.56	112.8	82.92	15.99	515.9	3.084	6.0	60.00
175.57	179.1	131.67	25.40	601.9	3.598	7.0	70.00
262.07	267.4	196.55	37.91	687.9	4.112	8.0	80.00
373.14	380.8	279.86	53.97	773.8	4.626	9.0	90.00
511.85	522.3	383.89	74.04	859.8	5.140	10.0	100

Tabel 4.3-12 Kondisi *Rough Hull*

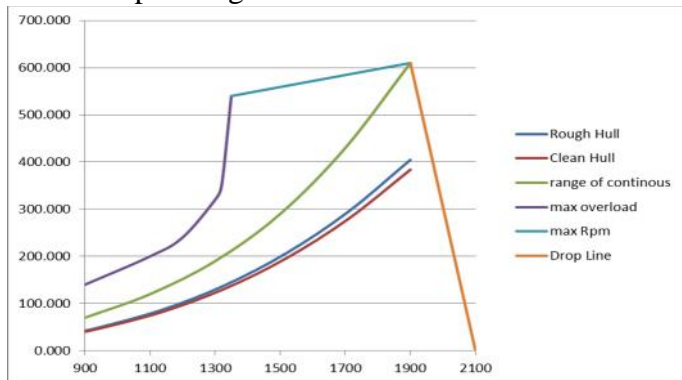
%	Putaran mesin	putaran propeller		Q (Nm)		DHP	EHP
		RPM	RPS	(KQ n2 D5)	(2 Q n)		
0	0	0.000	0	0	0	0	0
5%	95	13.669	0.228	345	0.66	17.479	
10%	190	27.338	0.456	137.85	0.53	34.957	
15%	285	41.007	0.683	310.17	1.79	52.436	
20%	380	54.676	0.911	551.42	4.23	69.914	
25%	475	68.345	1.139	861.59	8.27	87.393	
30%	570	82.014	1.367	1240.69	14.28	104.871	
35%	665	95.683	1.595	1688.72	22.68	122.350	
40%	760	109.353	1.823	2205.68	33.85	139.829	
45%	855	123.022	2.050	2791.56	48.20	157.307	
50%	950	136.691	2.278	3446.37	66.12	174.786	
60%	1140	164.029	2.734	4962.78	114.26	209.743	
70%	1330	191.367	3.189	6754.89	181.44	244.700	
80%	1520	218.705	3.645	8822.72	270.84	279.657	
90%	1710	246.043	4.101	11166.25	385.62	314.614	
100%	1900	273.381	4.556	13785.49	528.98	349.571	
SHP (DHP s)	BHP (scr)	BHP (kW)	BHP (%)	V ³	Vs(m/s)	Vs(knot)	RPM %
0	0	0.000	0.00	0	0	0	0
0.675	0.688484	0.506	0.10	47.3	3.617	7.0	5.00
0.540	0.5507872	0.405	0.08	94.6	4.557	8.9	10.00
1.822	1.8589067	1.366	0.26	141.9	5.216	10.1	15.00
4.318	4.4062973	3.239	0.62	189.2	5.741	11.2	20.00
8.434	8.6060495	6.325	1.22	236.6	6.185	12.0	25.00
14.574	14.871254	10.930	2.11	283.9	6.572	12.8	30.00
23.143	23.615	17.357	3.35	331.2	6.919	13.4	35.00
34.545	35.250379	25.909	5.00	378.5	7.234	14.1	40.00
49.187	50.190481	36.890	7.11	425.8	7.523	14.6	45.00
67.471	68.848396	50.604	9.76	473.1	7.792	15.1	50.00
116.591	118.97003	87.443	16.86	567.7	8.280	16.1	60.00
185.142	188.92	138.856	26.78	662.3	8.717	16.9	70.00
276.363	282.00303	207.272	39.98	757.0	9.114	17.7	80.00
393.493	401.52384	295.120	56.92	851.6	9.479	18.4	90.00
539.771	550.78717	404.829	78.08	946.2	9.817	19.1	100

Selanjutnya adalah membuat kurva dari kondisi *Clean Hull* maupun *Rough Hull*. Berikut adalah hasil grafiknya :



Gambar 4.3.7 Grafik *Clean & Rough Hull*

Dari data project guide kurva *engine envelop* yang didapat dari *main engine* di *matchingkan* dengan kurva *power prediction* dari perhitungan di atas maka didapatkan grafik berikut. :



Gambar 4.3.8 Kurva EPM

4.4 Perhitungan Muatan Kapal

Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui berapa *container* yang mampu di muat dalam kapal. Berikut adalah langkah perhitungannya:

) Perhitungan berat baja kapal

Perhitungan berat baja kapal berdasarkan formula dari Watson, (1998), dalam "*practical ship design*" hal. 82 RINA (Practical Ship Design, DGM Watson) :

) Menghitung Nilai E

$$E = L(B + T) + 0.85 L(D - T) + 0.85\{(l_1 \cdot h_1) + 0.75\{(l_2 \cdot h_2)\}$$

dimana :

E = Parameter *steel weight*

L = Lpp kapal 60.09 m

B = Lebar kapal 15.85 m

T = Sarat kapal 2.76 m

H = Tinggi kapal 3.66 m

L1 x h1 = panjang dan tinggi bangunan kapal terus-menerus selebar kapal yang terdiri dari

a. LP = Panjang poop deck = 7.00 m

b. HP = Tinggi poop deck = 2.50 m

c. LF = Panjang forecastle deck = 6.00 m

d. HF = Tinggi forecastle deck = 2.50 m

$$\begin{aligned} \text{jadi } L1 \times h1 &= LP \times HP + LF \times HF \\ &= (7 \times 2.5) + (6 \times 2.5) \\ &= 32.5 \text{ m} \end{aligned}$$

L2 x h2 = Panjang dan tinggi dari deck houses yang terdiri dari :

b. LA = Panjang Boat Deck = 0 m

c. HA =Tinggi Boat Deck = 0 m

d. LB = Panjang Bridge Deck = 7 m

e. HB = Tinggi Bridge Deck = 2.5 m

f. LND = Panjang Nav. Deck = 7 m

g. HND = Tinggi Nav. Deck = 2.5 m

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi } L_2 \times h_2 &= LB \times HB + LND \times HND \\
 &= (7 \times 2.5) + (7 \times 2.5) \\
 &= 35 \text{ m}
 \end{aligned}$$

maka :

$$\begin{aligned}
 E &= L(B+T) + 0,85 L(H-T) + 0,85(11.h_1)0.75(12. h_2) \\
 &= 60.09(15.85+2.76) + 0,85 \times 60.09(15.85- \\
 &2.76) + 0.85(32.5) \times 0.75(35) \\
 &= 1356.33 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

) **Menghitung Berat Baja Kapal (Wsi)**

$$W_{si} = K \cdot E^{1.36}$$

$$\begin{aligned}
 W_{st} &= K \times E^{1.36} \\
 &= 0,036 \times 1356,33^{1.36} \\
 &= 655,12 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Dimana nilai K didapat pada gambar dibawah ini

Table 4.1

Type	K		Range of \bar{E}	No. of ships in sample
	Mean value	Range		
Tankers	0.032 ± 0.003		1500-40000	15
Chemical tankers	0.036 ± 0.001		1900-2500	2
Bulk carriers	0.031 ± 0.002		3000-15000	13
Container ships	0.036 ± 0.003		6000-13000	3

Gambar 4.5 Nilai Koefisien K

Perhitungan di atas untuk berat baja kapal pada kondisi Cb saat sarat penuh (T), sehingga perlu dilakukan koreksi nilai Cb pada saat kondisi H

$$\begin{aligned}
 CB' &= CB + (1 - CB) (0.8D - T) / 3T \\
 &= 0.74 + (1-0.74) \times (0.8 \times 3.66 - 2.76) / 3 \times 2.76 \\
 &= 0.76
 \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 W_{Si} &= W_{Si} (1 + 0.05 (CB' - 0.7)) \\
 &= 655.12 (1 + 0.05(0.76 - 0.7))
 \end{aligned}$$

$$W_{Si} = 657.169 \text{ ton}$$

LWT dapat dihilangkan. Setelah nilai dari komponen-komponen light weight didapat, yaitu *Structural Weight Approximation*, *Outfit Weight*, dan *Machinery Weight*. Maka diperoleh hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{LWT} &= W_s + W_o + W_d \\ &= 657,169 + 285,73 + 2,4 \\ &= 945,30 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\text{LWT}(\text{tot}) = \text{LWT} + (2\% \text{ LWT})$$

$$\text{LWT}(\text{tot}) = 964,20 \text{ ton}$$

) **Perhitungan Berat yang dapat dipindahkan**

) **Berat Air Tawar**

$$\begin{aligned} W_{fw} &= W_{fwd} + W_{fws} + W_{fwc} + W_{fwj} \\ &= 7.20 \text{ ton} \end{aligned}$$

) **Berat Bahan Bakar**

$$\text{WHFO} = \text{PB} \times \text{SFOC} \times \text{jam} \times 1,3 \times 10^{-6}$$

dimana :

PB = Bhp mesin induk (katalog mesin) kW

SFOC = spesifik konsumsi bahan bakar mesin induk (g/kWh)

C = koreksi cadangan (1,3 – 1,5)

jadi,

$$\begin{aligned} \text{WHFO} &= 610 \times 207 \times 120 \times 1.3 \times 10^{-6} \\ &= 19.69812 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{WMDO} &= 15\% \times \text{WHFO} \\ &= 2.954718 \text{ ton} \end{aligned}$$

) **Berat Pelumas**

$$\text{WLO M/E} = \text{BHPM/E} \times \text{SLOC} \times (t) \times 10^{-6}$$

$$\text{WLO M/E} = 610 \times 0.5 \times 120 \times 10^{-6}$$

$$\text{WLO M/E} = 0.0366 \text{ ton}$$

) **Berat Crew**

$$W_{crew} = W_{orang} \times n \times 10^{-3}$$

$$W_{crew} = 1,61 \text{ ton}$$

dimana : W orang = 70 kg, n = 10 orang

) **Perhitungan DWT (*Dead Weight Tonnage*)**

Dimana bobot mati (DWT) adalah besarnya *displacement* kapal dikurangi berat kapal kosong. Sedang berat kapal kosong adalah berat baja kapal itu sendiri ,berat peralatan kapal dan berat mesin kapal. Maka DWT yang diketahui ialah :

$$\begin{aligned} \text{DWT} &= - \text{LWT} \\ &= 2059.49 - 964.2 \\ &= 1095.29 \end{aligned}$$

) **Perhitungan Payload**

$$\begin{aligned} \text{Payload} &= - (\text{LWT} + \text{Wfw} + \text{WHFO} + \text{WMDO} \\ &\quad + \text{WLO M/E} + \text{Wcrew}) \\ &= 2059.49 - (964.2 + 30.75) \\ &= 1083.45 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan *payload*, maka jumlah *container* yang akan diangkut bias diketahui, berat yang mampu diangkut ialah berkisar 18 ton pada *container* 20 *feet*. Maka jumlah *container* ialah :

$$\begin{aligned} J_c &= \text{Payload} / \text{berat max. angkut container} \\ &= 1083.45 / 18 \\ &= 60,19 \end{aligned}$$

Dengan demikian, jumlah *container* yang mampu diangkut oleh kapal ialah 60 TEUS. Untuk mendapatkan hasil proyeksi ke 110 TEUS, maka berat yang disikan pada muatan 1 *container* yaitu berkisar 9,8 ton. Berikut adalah perhitungannya

$$\begin{aligned} J_c &= \text{Payload} / \text{berat max. angkut container} \\ &= 1083.45 / 9,8 \\ &= 110,56 \end{aligned}$$

4.5 Perhitungan Ketebalan Plat *Bottom*

untuk mengetahui tebal plat *bottom*, langkah yang dilakukan ialah menghitung :

) P_o (beban luar dasar dinamis) sesuai dengan
BKI Vol 2 bab 4 A.2.2

$$P_o = 2,1 \cdot (c_b + 0,7) \cdot C_o \cdot C_l \cdot C_{rw}$$

$$P_o = 2,1 \cdot (0,74 + 0,7) \cdot 6,5 \cdot 0,82 \cdot 1$$

$$P_o = 16.11792 \text{ KN / m}^2$$

Dimana :

P_o = beban luar dasar dinamis

C_b = koef. blok,

C_o = koef. Gelombang,

C_{rw} = koef. Daerah pelayaran

C_l = koef. Panjang

) P_b (beban pada alas kapal) sesuai dengan BKI
Vol 2 bab 4 A.3

$$P_b = 10 \times T + P_o \times C_f$$

$$P_b = 10 \times 2,76 + 16,11 \times 1$$

$$P_b = 43,71 \text{ KN / m}^2$$

Dimana :

P_b = beban pada alas kapal

P_o = beban luar dasar dinamis

T = sarat kapal, C_f = faktor distribusi beban

) Tebal Plat sesuai dengan BKI Vol 2 Bab 6 B.1.1

$$T_b = 1,9 \cdot n_f \cdot a_0 \cdot P_{bm} \cdot k \cdot t_k$$

$$T_b = 1,9 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 43,71 \cdot 1 + 1,5$$

$$T_b = 9,024 \text{ mm}$$

) Tebal Minimum

$$T_b \text{ min} = L \cdot k$$

$$T_b \text{ min} = 60,09 \cdot 1$$

$$T_b \text{ min} = 7,75 \text{ mm}$$

Dimana :

$$a_0 = \text{jarak gading } L / 500 + 0,48 = 0,6 \text{ m}$$

$$P_{bm} = \text{beban luar dasar dinamis}$$

$$k = \text{faktor bahan}$$

$$t_k = \text{margin korosi}$$

$$L = \text{panjang kapal}$$

Dari data diatas, tebal plat perhitungan harus di samakan dengan tebal plat yang ada di pasaran. Maka dari itu tebal plat dipilih 10 mm.

4.6 Perhitungan Stabilitas Kapal

Dari pemilihan *engine* dan perhitungan jumlah muatan, maka perlu adanya perhitungan stabilitas kapal untuk mengetahui waktu periode oleng kapal. Berikut adalah langkah – langkah perhitungan stabilitas kapal.

Dapat diketahui :

) KB (Tinggi Titik Apung dari Lunas)

Untuk kapal tipe plat bottom, $KB = 0,50d$

Untuk kapal tipe V bottom, $KB = 0,67d$

Untuk kapal tipe U bottom, $KB = 0,53d$

Maka $KB = 0,50 \times d$ (draft Kapal)

$$= 0,50 \times 2,76$$

$$= 1,38 \text{ m}$$

) BM (Jarak Titik Apung ke Metasentris)

Lebih lanjut dijelaskan Rubianto (1996) :

$BM = b^2/10d$, dimana : b = lebar kapal (m)

$$BM = b^2 / 10d$$

$$= 15,85^2 / 10 \cdot 2,76$$

$$= 9,09 \text{ m}$$

) KM (Tinggi titik metasentris di atas lunas)

$$KM = KB + BM$$

$$KM = 1,38 + 9,09$$

$$= 10,5 \text{ m}$$

) KG (Tinggi Titik Berat dari Lunas)

$$KG \text{ total} = \frac{? M}{? W}$$

dimana, ? M = Jumlah momen (ton)

? W = jumlah perkalian titik berat dengan bobot benda (m ton)

➤ **Berat Baja**

$$\text{WST} = 657.170 \text{ ton}$$

$$\text{KGST} = 1.796 \text{ m}$$

$$\text{LCGST} = 30.191 \text{ m} \quad ; \text{ dari FP}$$

➤ **Berat Peralatan dan Perlengkapan**

$$\text{WE\&O} = 56.412 \text{ ton}$$

$$\text{KGE\&O} = 4.910 \text{ m}$$

$$\text{LCGE\&O} = 33.638 \text{ m} \quad ; \text{ dari FP}$$

➤ **Berat Permesinan**

$$\text{WM} = 39.307 \text{ ton}$$

$$\text{KGM} = 1.742 \text{ m}$$

$$\text{LCGM} = 52.590 \text{ m} \quad ; \text{ dari FP}$$

➤ **KG Total**

$$\text{KG} = \frac{\text{WST} \cdot \text{KGST} + \text{WE\&O} \cdot \text{KGE\&O} + \text{WM} \cdot \text{KGM}}{\text{WST} + \text{WE\&O} + \text{WM}}$$

$$= 2,0264 \text{ m} = 6,65 \text{ ft}$$

) **GM (Tinggi Metasentris)**

$$\text{GM} = \text{KM} - \text{KG}$$

$$\text{GM} = (\text{KB} + \text{BM}) - \text{KG}$$

$$\text{GM} = 10,5 - 6,65$$

$$= 3,85$$

) **Periode Olang**

$$T = \frac{0.79 \cdot B}{\sqrt{G' Mo}}$$

$$T = 0,75 \times 15,85 / 3,85$$

$$T = 6,3 \text{ Detik}$$

) **Kriteria Stabilitas Sesuai IMO**
Input Data

Tabel 4.6-1 Lengan Dinamis (LD)

Sudut [°]	LD [ft.rad]	LD [m.rad]
10	0.341	0.104
20	0.823	0.251
30	0.857	0.261
40	0.516	0.157
L _D Total	2.537	0.773

1. e (mrad)

$$e_{30^\circ} = 0,261$$

$$e_{40^\circ} = 0,157$$

$$e = e_{30^\circ} - e_{40^\circ}$$

$$= 0,1038$$

$$2. GZ_{30^\circ} = 13,683$$

$$3. \max = 40,63$$

$$4. GM_0 = 23,5 \text{ feet}$$

$$= 7,16 \text{ m}$$

$$5. B = 15.85 \text{ m}$$

$$6. G'Mo = 3.85$$

Kriteria IMO

$$1. e_{30^\circ} \quad 0.055$$

$$e_{30^\circ} = 0,261$$

= Diterima

$$2. e_{40^\circ} \quad 0.09$$

$$e_{40^\circ} = 0,157$$

= Diterima

$$3. e_{30-40^\circ} \quad 0.03$$

$$e_{30-40^\circ} = 0,1038$$

= Diterima

$$4. h_{30^\circ} \quad 0.2$$

$$h_{30^\circ} = 13,683$$

=Diterima

$$5. \max \quad 25$$

$$\max = 40,63$$

= Diterima

$$\begin{aligned}
 6. \text{ GM0} & 0.15 \\
 \text{GM0} & = 7,16 \text{ m} \\
 & = \text{Diterima}
 \end{aligned}$$

Maka dari semua data stabilitas diatas, menurut IMO, kriteria tersebut dapat diterima.

4.7 Asumsi Biaya

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai harga dari mesin kapal, kebutuhan plat kapal dan keuntungan biaya pengiriman kapal sesuai dengan rute pelayaran yang ada.

1. Harga Mesin Induk

Mesin induk yang digunakan untuk kapal ini adalah dua unit Yanmar 6 AYM – WET. Karena harga dari *main engine* dengan merek diatas tidak tercantum dalam brosur *online* produk tersebut, maka digunakan pendekatan asumsi dimana harga untuk tiap horse power engine adalah Rp. 1.000.000,00.

$$\begin{aligned}
 \text{Asumsi harga } m/e & = \text{Power (HP)} \times \text{Rp.1.000.000,-} \\
 & = 610 \times \text{Rp. 1.000.000,-} \\
 & = \text{Rp. 610.000.000,-}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapat harga dari tiap mesin induk adalah Rp. 610.000.000,- sedangkan untuk kapal yang akan dipakai menggunakan dua unit *main engine* sehingga harga total dari *main engine* yang akan di *install* dikapal adalah seharga Rp. 1.220.000.000,-

2. Harga kebutuhan plat baja

Perhitungan plat baja adalah berasal dari proses perubahan perencanaan kapal pada daerah *acomodation deck*. Rincian data tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 4.7-1 Luasan *Accommodation Deck*

Ruangan	Length (m)	widht (m)	Luasan (m ²)	total (m ²)
poop deck	8.45	2.5	21.13	76.50
	8.45	2.5	21.13	
	3.9	2.5	19.50	
	2.95	2.5	14.75	
Bridge Deck	6.93	2.5	17.325	92.325
	15.71	2.5	39.275	
	14.29	2.5	35.725	
Nav. Deck	6.41	2.5	32.05	57.3
	5.05	2.5	25.25	
Forc. Deck	5.92	2.5	29.6	39.4
	1.96	2.5	9.8	
Funnel	2.23	5.4	24.084	24.084
Total				289.61

Berdasarkan data harga plat nasional per bulan juni 2016 adalah seharga Rp. 9.000,00 per kilogram. Dari jumlah total luasan yang di dapat, maka berat dari plat baja yang dibutuhkan bias diketahui dengan cara sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 W &= \text{luasan (m}^2\text{)} \times \text{thickness (m)} \times \text{density (g/m}^3\text{)} \\
 &= 289,61 \times 0.008 \text{ m} \times 7.85 \\
 &= 18.1874452 \text{ ton} = 18187.4452 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka harga plat baja ialah :

$$\begin{aligned}
 H &= \text{berat plat} \times \text{harga plat} \\
 &= 18187.44 \times 9000,- \\
 &= 163687006.8 \\
 &= \text{Rp. } 163.687.006,- \\
 &= \text{RP. } 164.000.000,-
 \end{aligned}$$

3. Keuntungan Biaya Pengiriman Container

Sesuai data yang di dapat dari Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, dijelaskan mengenai tarif pengiriman container ke beberapa daerah, yaitu :

Biaya Pengiriman:

Jkt – Padang : Rp. 7,5 Jt sd Rp. 8 Jt / Container 20 Feet;

Jkt – Shanghai : Rp. 4,5 Jt / Container 20 Feet.

Jkt – Jayapura : Rp. 25 Jt / Container 20 Feet.

Rute yang diambil ialah rute Jakarta – Padang. Berdasarkan perhitungan muatan, jumlah container yang mampu diangkut kapal ialah 60 TEUS, maka bias di asumsikan biaya pengirimannya ialah :

$$\begin{aligned} \text{biaya} &= 60 \times \text{Rp } 8.000.000,- \\ &= 480000000 \\ &= \text{Rp. } 480.000.000,- \end{aligned}$$

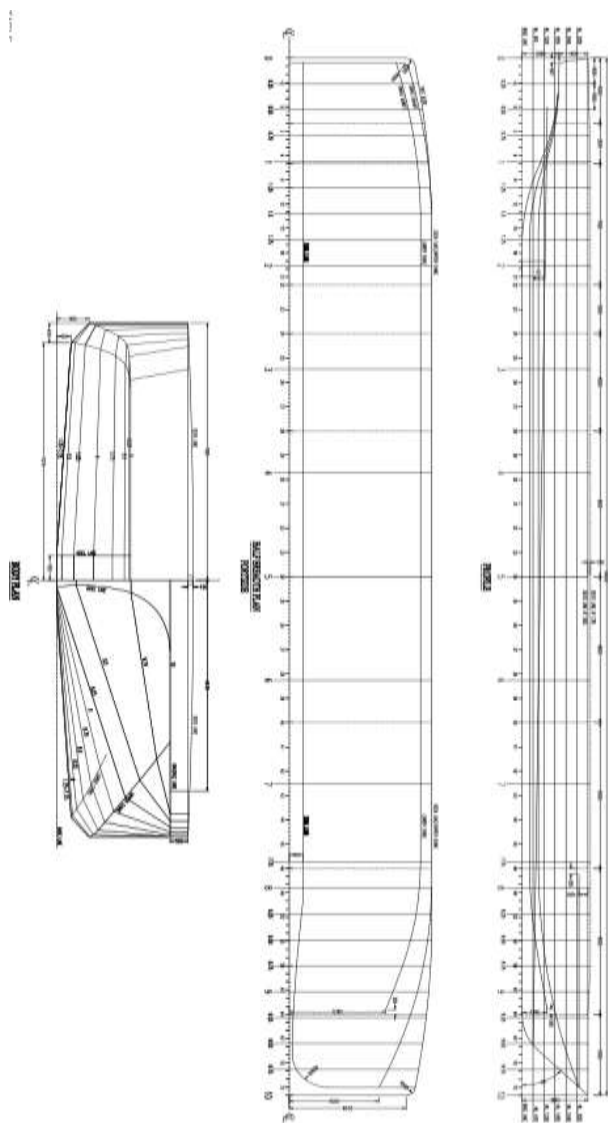
Jadi keuntungan yang didapat dari hasil pengiriman dalam sekali pelayaran ialah sebesar Rp. 480.000.000,-

LAMPIRAN

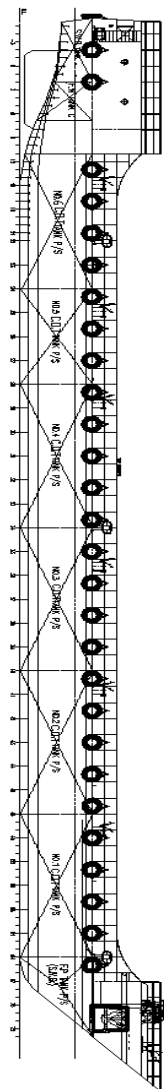
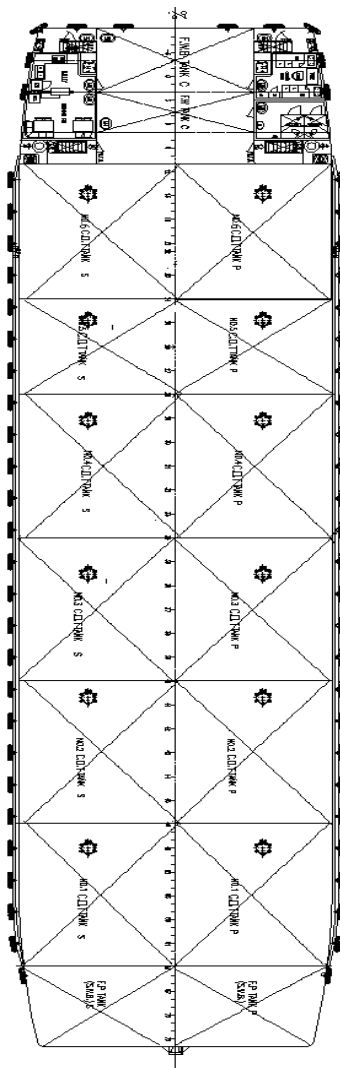
- *Lines Plan*
- *General Arrangement of Barge*
- *General Arrangement of Container on Barge*
- Rute Pelayaran
- Spesifikasi *Main Engine*
- Diagram BP Delta B5 *series*
- Diagram *Open Water Test*

Lines Plan

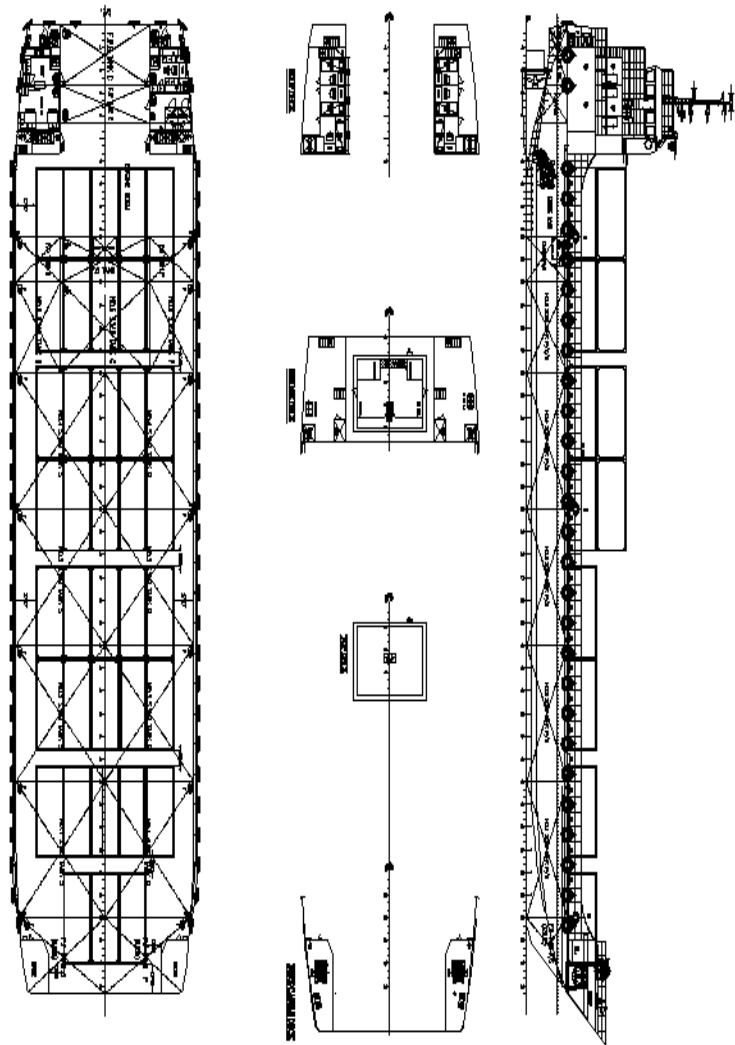
1/10/2010



General Arrangement of Barge



General Arrangement of Container on Barge



Rute Pelayaran

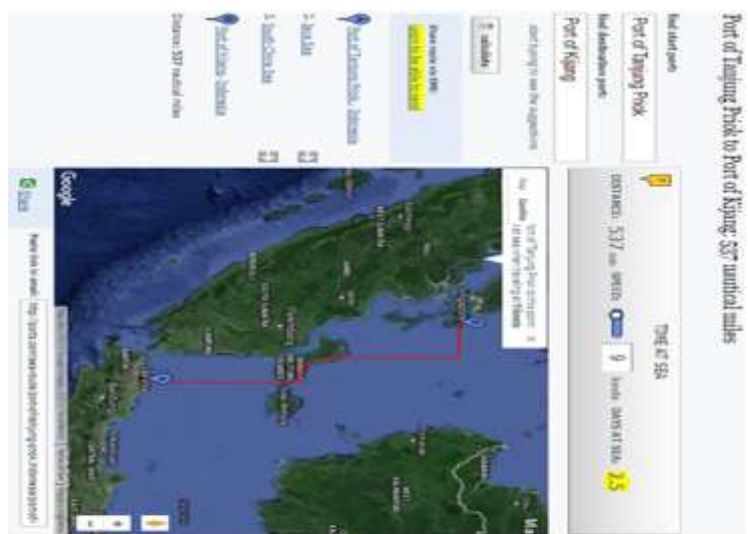


Diagram BP Delta B5 series

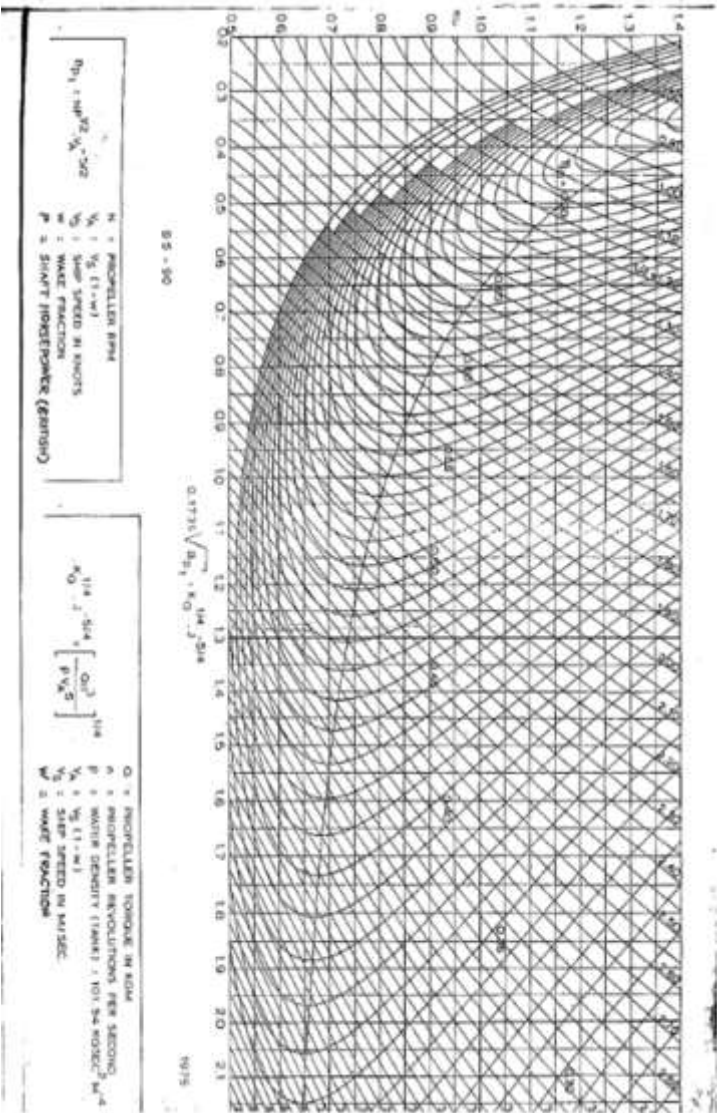
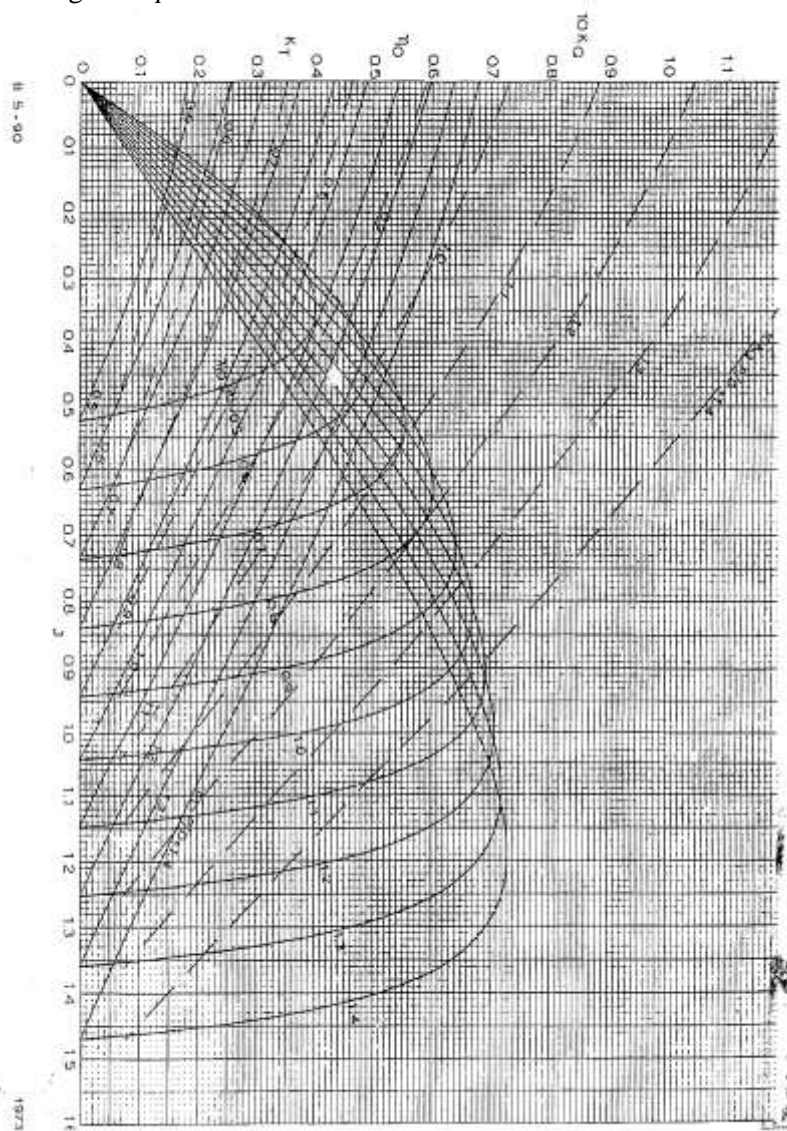


Diagram *Open Water Test*



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari data hasil analisa yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan jumlah muatan *container* yang akan diangkut, jumlah *container* yang diangkut ialah 60 *container*, atau 60 TEUS (*Twenty Equivalent Units*) karena memakai *container* 20 feet. Untuk proyeksi ke 110 TEUS, berat maksimum yang mampu diangkut 1 *container* yaitu 9,8 ton.
2. Sesuai dengan kriteria pemilihan *main engine*, maka *main engine* yang digunakan ialah Yanmar 6 AYM WET dengan daya 610 Kw 1900 Rpm.
3. Berdasarkan perhitungan, *propeller* yang digunakan ialah tipe B series B5 – 90 dengan efisiensi 0,554.

5.2 Saran

Agar mendapatkan hasil yang baik dan maksimal pada penelitian selanjutnya, disarankan untuk membandingkan dengan metode perhitungan tahanan kapal dan perhitungan stabilitas kapal dengan menggunakan software pendukungnya. Dan ditambahkan perhitungan kekuatan konstruksi kapal saat kapal tongkang yang dimuati *container*.

DAFTAR PUSTAKA

- IMO. *Code Stability for All Types Of Ships*, 2002
- Biro Klasifikasi Indonesia . *Volume II (Rule Construction of Hull for Sea Going Steel Ship)*, 2014.
- Watson, David G.M . 1998 . *Practical ship Design, Volume I* . Oxford, UK : Elsevier Science Ltd.
- Lewis, Edward . 1980 . *Principle Naval Architect, Volume II*. The Society of Naval Architect & Marine Engineers
- Harvald, Sv, Aa. *Tahanan dan Propulsi Kapal*, Airlangga University Press.
- Andri Rezeki.. ” Tongkang Kontainer Solusi Ekonomis”, Jurnal Martim, Jakarta, 20 Maret, 2015
<http://jurnalmaritim.com/2015/03/tongkang-kontainer-solusi-ekonomis/>

BIODATA PENULIS



Penulis mempunyai nama lengkap **Rizky Priyanda**, Penulis lahir di Kab. Nganjuk, pada tanggal 25 Maret 1993. Penulis merupakan anak pertama dari enam bersaudara. Penulis juga telah menempuh pendidikan formal sekolah antara lain yaitu SDN 1 Kauman, SMP Negeri 1 Nganjuk, dan SMA Negeri 2 Nganjuk. Setelah lulus dari SMAN 2 Nganjuk pada tahun 2011 penulis melanjutkan ke jenjang kuliah D-3 jurusan Teknik Bangunan Kapal di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya ITS melalui jalur PMDK dan lulus pada tahun 2014. Setelah lulus dari jenjang D-3 penulis melanjutkan kuliah ke jenjang S-1 jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS melalui jalur Lintas Jalur (LJ) pada tahun 2014. Dengan Nomer Registrasi Pelajar 4214105015. Selama 4 semester penulis melakukan di jurusan Teknik Sistem Perkapalan ITS, kemudian penulis telah menjalani tugas akhir (skripsi) pada tahun 2016. Penulis mengambil bidang studi *marine manufacturing and design* (MMD) di jurusan Teknik Sistem Perkapalan. Ucapan rasa terimakasih penulis haturkan kepada Allah SWT, kedua orang tua, keluarga besar dan seluruh dosen yang sudah memberikan ilmu kepada penulis.

“ Tansah Eling lan Waspodo ”

Rizky Priyanda

4214105015

rizkypriyanda@gmail.com